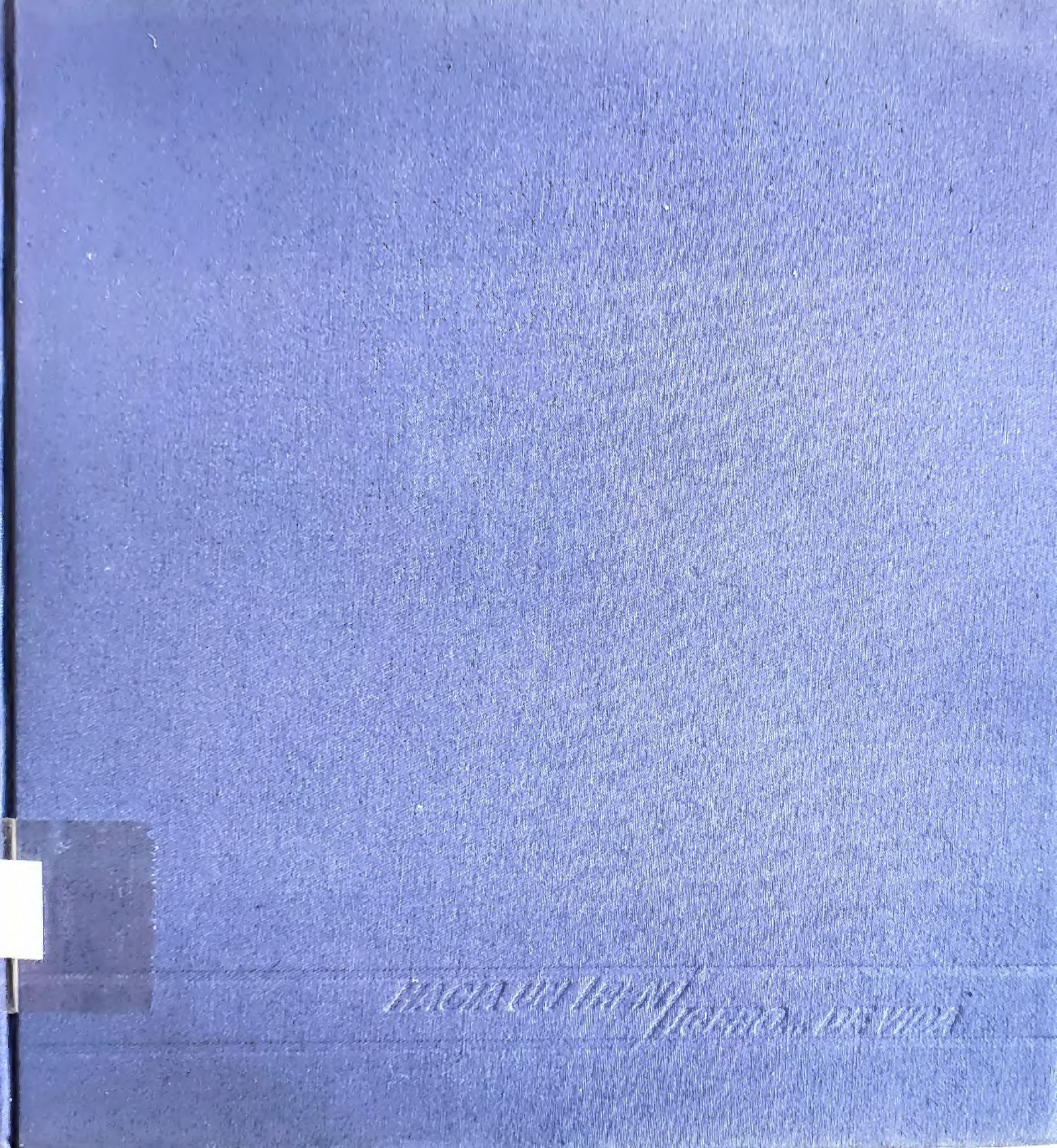
G U A D A L A J A R A



HACIA UN TREN LIGERO... DE VIDA



GUADALAJARA

HACIA UN TREN LIGERO DE VIDA

070138

GUADALAJARA

HACIA UN TREN LIGERO DE VIDA

LA CONSTRUCCION DE LA LINEA 2

SISTEMA DEL TREN ELECTRICO URBANO



GOBIERNO DEL ESTADO DE JALISCO

INSTITUTO LIBRE DE FILOSOFIA Y CIENCIAS, A.C.
BIBLIOTECA

Producción: *Ediciones de la Noche*
Dirección y texto: *Emmanuel Carballo V.*
Supervisión: *Carlos Ruiz Palomino*
Diseño: *Mauricio Martínez Rosas*
Tipografía: *Amaroma*

Fotografía:
José Hernández Claire
Archivo Víctor Arauz
Alan Vallejo
Jorge Trejo

© 1994, Derechos Reservados Gobierno de Jalisco
Sistema de la Línea 2 del Tren Eléctrico Urbano
Paseo Degollado 55, Plaza Tapatía, 44100 Guadalajara, Jalisco

Segunda Edición, 1994
ISBN: 970-624-054-3

Lic. Carlos Salinas de Gortari
Presidente de México
Lic. Pedro Aspe Armella
Secretario de Hacienda
Dr. Jacques Rogozinski
Director General de Banobras

GOBIERNO DEL ESTADO DE JALISCO

Lic. Carlos Rivera Aceves
Gobernador de Jalisco
Lic. José Luis Leal Sanabria
Secretario General de Gobierno
Lic. Arnulfo Villaseñor Saavedra
Secretario de Finanzas
Ing. Jaime Ramírez Cornejo
Secretario de Desarrollo Urbano
Lic. Arturo Gil Elizondo
Secretario de Desarrollo Rural
Lic. Gustavo Martínez Güitrón
Secretario de Promoción y Desarrollo Económico
Lic. Carlos E. González Lozano
Secretario de Fomento Turístico y Artesanal
Lic. Eugenio Ruiz Orozco
Secretario de Educación
Lic. Juan Francisco González Rodríguez
Secretario de Cultura
Dr. Salvador Peña Rivas
Secretario de Salud y Bienestar Social
Lic. Jorge Quiñonez Ruiz
Secretario de Vialidad y Transporte
Lic. Francisco Javier Besson Ordóñez
Secretario de Administración
Lic. José Mejía Urzúa
Contralor General del Estado
Ing. David Llerena Villalpando
Director General del Sistema del Tren Eléctrico Urbano

H. AYUNTAMIENTO DE GUADALAJARA

Ing. Jesús Alberto Mora López
Presidente del Concejo Municipal
Sr. Fernando Pérez Jiménez
Vicepresidente del Concejo Municipal
Lic. Rodolfo Eduardo Ramos Ruiz
Secretario y Síndico





Desde siempre el transporte ha sido vital para el desarrollo. En el caso de las ciudades es tanto más cierto cuanto que el ritmo de vida de sus habitantes se acelera a medida que nos acercamos al siglo XXI. El trabajo, el hogar, la educación, la salud, el tiempo libre exigen el desplazamiento del individuo, cada vez a mayores distancias dentro de la ciudad, y por vías más y más congestionadas.

Pero el desplazamiento, el viaje, se complica a medida que nuestras sociedades se vuelven más sofisticadas; demanda cada vez más tiempo y en ocasiones se torna riesgoso. Así, en la actualidad es difícil que alguien describa el diario recorrido hasta sus actividades en términos gozosos.

Aunque hoy día nadie puede sustraerse a la necesidad de transportarse de un sitio a otro, todos conocemos los problemas que ese movimiento ocasiona: horas de trabajo o de estudio perdidas, menos tiempo para dedicar a la familia, diversiones o entretenimiento continuamente pospuestos por falta de tiempo libre.

En la vida de las sociedades llegan momentos en que debemos hacer un alto y repensar el rumbo. ¿Queremos para nuestros

hijos una ciudad ahogada por el tráfico y la contaminación? Es fácil contestar que no, pero es menos fácil comprometer la voluntad, el esfuerzo y los recursos que una verdadera solución a futuro requiere.

Sin embargo, en Jalisco estamos acostumbrados a que las cosas no llegan fácil. Y estamos acostumbrados a darnos la mano cuando la medida de la tarea que debemos enfrentar lo requiere. Por ello, cuando surgió la iniciativa de la construcción de la Línea 1 del Tren Eléctrico Urbano, gracias a la previsión que antaño los jaliscienses mostraron al abrir la calzada del Federalismo y dejar el túnel preparado, el apoyo general permitió que la primera etapa de esta gran obra no tardara en funcionar.

Cuando llegó el turno de cumplir con nuestra parte, y continuar con la Línea 2 del Tren Eléctrico Urbano, de nuevo los jaliscienses –con el apoyo irrestricto de la Federación– nos mostramos más ambiciosos y unidos que nunca. Tras 29 meses de esfuerzo hoy inauguramos esta segunda etapa, totalmente subterránea, que corre a lo largo de un centro histórico remozado y una avenida Javier Mina más moderna y funcional.

Vaya mi agradecimiento sincero para quienes con un esfuerzo fuera de lo común lograron las menores molestias posibles al ciudadano y la máxima eficiencia en la construcción de esta Línea 2: trabajadores, contratistas, supervisores, directores de la obra. Mi reconocimiento para los ciudadanos anónimos que participaron con su apoyo, sus ideas, y soportaron con buen ánimo la necesaria afectación de una importante zona de la ciudad.

Mis mejores deseos para quienes en el futuro deban decidir, financiar, apoyar y construir la Línea 3 y sucesivas, que contribuirán a convertir el Sistema de Tren Eléctrico Urbano de Guadalajara en la espina dorsal de un transporte colectivo eficiente, orgullo de Jalisco y de México.

Carlos Rivera Aceves
Gobernador de Jalisco


CALOR

GUADALAJARA SE HIZO GRANDE...

José María Murià

Sin ánimo de menospreciar los méritos reproductores de los tapatíos, es evidente que el gran crecimiento de Guadalajara no ha sido tan sólo obra de ellos. También han contribuido de manera considerable los pueblos cercanos y otros más remotos del septentrión mexicano que, por una razón o por otra, estuvieron también dentro del área de influencia administrativa, económica o educacional de nuestra ciudad y le han rendido un abultado tributo demográfico. Por igual han tenido algo que ver pueblos del altiplano, desde donde se han sumado también no pocos refuerzos. Es que Guadalajara se ha significado como un sitio de convergencia y atractivo para un crecido número de migrantes y éstos, en un sentido y en otro, han influido de manera asaz importante en lo que ha llegado a ser

No es ciertamente la nuestra una ciudad especialmente reputable como cosmopolita, ni resulta a veces muy fácil encontrar acomodo en ella, máxime cuando no se viene con el ánimo bien dispuesto a ser "como se debe"; sin embargo, no pocos forasteros han asentado sus reales en este suelo, pues en el



fondo los habitantes del valle de Atemajac son tan querendones como el clima que en él impera

Ahora vemos grande, muy grande, a Guadalajara, y con las raíces muy bien soterradas, pero hace 450 años era una briznita que fácilmente pudo haberse esfumado, a poco de su establecimiento en este lugar que a la postre resultó definitivo

De los 62 vecinos a quienes se dio solar el 14 de febrero de 1542, cuando se estableció en el valle de Atemajac, un sexenio más adelante sólo quedaban 35, y menos aun serían después por obra y gracia del reclamo que hicieron los recién descubiertos minerales de Zacatecas Sólo que Compostela, la flamante capital de la Nueva Galicia, aún salía peor parada y, en 1560, Su Majestad aprobó que las autoridades del Reino viniesen a residir al valle de Atemajac

Mucho debe haber influido en la decisión del remoto monarca que, al hacer el obispo Pedro de Ayala su arribo formal a Compostela, hubiera encontrado en ella "sólo seis vecinos y tal malestar que al día siguiente se volvió a Guadalajara", decidido a no pisar de nuevo lo que supuestamente era la sede mitral

Cabe recordar que el interés puesto en que Guadalajara se sostuviera en la región cazcana, cuando se encontraba en su



tercer intento cerca de Tlacotán, y apoyara desde ahí las pretensiones expansionistas de la colonización hispana por aquellos lares, dio lugar a que en 1539 le fuese concedido el rango de ciudad, con escudo de armas y todo, pero de ello no se enteraron sus moradores hasta que llevaban ya varios meses de vivir en Atemajac. De este modo, al convertirse en capital neogallega en 1560 y alojar funcionarios de la Audiencia, del Gobierno neogallego, del Obispado y de las Cajas Reales, además de los frailes que ya había en el convento de San Francisco, Guadalajara tenía ya también la mínima burocracia que correspondía a su investidura citadina. En virtud de que en 1570 los vecinos no sumaban más de 50, deben haber sido muy pocos quienes se dedicaban por completo a quehaceres en verdad productivos, además de los administrativos y burocráticos, cuya impronta aun hoy se deja sentir, pero que fue determinante durante aquellos primeros años de vida.

La actividad comercial, por su parte, que en la actualidad tiene todavía tanta significación, tardó más de un siglo en cobrar energía y hacerse sentir. Al principio existió, cuando mucho, un tímido mercadeo comarcal.


HOTEL
MEXICO.
TRAJES

Al cumplir 60 años de ser capital, alrededor de 1620, Guadalajara no llegaba a 200 vecinos, pero, al mediar el siglo XVII superaba los tres mil residentes, lo que debe haber significado unos 800 vecinos. Algunos modestos minerales explotados por el lado de Etzatlán y Tepic, una ligera derrama dejada por la extracción y acarreo a México de los ricos minerales zacatecanos el establecimiento y desarrollo de algunas órdenes religiosas, juntamente con el de la agricultura y, sobre todo, los resultados de una comunidad que se asentaba y producía vástagos, determinaron el entonces mesurado crecimiento de Guadalajara. Pero era mucho más lo que se anhelaba, como lo muestra el hecho de que, alrededor de 1650, todavía presionara el gobierno por todos los medios que estaban a su alcance para que los hacendados de la periferia tuviesen casa en Guadalajara "é ayudassen a su poblaçón"

La aceleración habría de empezar a producirse al comenzar el siglo XVIII, en virtud de las exploraciones y primeros asentamientos de españoles en la península de California y las costas de Sonora, haciendo que la marginal ubicación de Guadalajara dentro del imperio español se trastocase por la de un paso obligado para viajar y abastecer a las nuevas colonias, y el comercio comenzara a desempeñar un papel mucho más



significativo De esta manera, alrededor de 1730 se llegó a unos dos mil vecinos, o casi diez mil habitantes La formalización de un puerto en 1768 el de San Blas, habría de incrementar y hacer más largas las expediciones de descubrimiento o de abastecimiento, hasta llegar a Vancouver y Alaska, en tanto que aumentaba el intercambio con Centroamérica y, eventualmente, se recibía algun cargamento de las Filipinas No en vano al comenzar el siglo XIX empezaron a instalarse en Guadalajara algunos comerciantes procedentes de Panamá que "modernizaron" e incrementaron sensiblemente la actividad mercantil de los tapatíos De esta manera, al iniciar dicha centuria Guadalajara sumaba 35 mil residentes

Fue precisamente el final del siglo XVIII, el tiempo de las mayores construcciones coloniales, algunas de las cuales aún sobreviven como testimonio de la bonanza de aquel tiempo, aunque resulta conveniente insistir en que tal prosperidad estaba muy lejos de alcanzar a todos

Después de una centuria y media desastrosa que redujo a cinco por ciento el número de indígenas que había antes de la conquista, desde mediados del siglo XVII la población había empezado a recuperarse, para beneplácito de todos aquellos que habían resentido la escasez de mano de obra. Solo que



un siglo después ésta empezó a sobrar en el campo, de manera que comenzó a producirse un fenómeno de migrantes desposeídos hacia los centros de población, donde fueron muy bien aprovechados por los adinerados para servir y construir a cambio de una miserable paga, pero al finalizar el siglo XVIII los que nada tenían se habían convertido ya en un severo problema social

No es casual que dos de los más caros edificios construidos antes de terminar la dicha centuria y al inicio de la siguiente hayan tenido fines benéficos el Hospital de Belén y la Casa de la Misericordia El primero, que cubrió dos manzanas enteras de aquella Guadalajara, fue resultado del hambre y las epidemias que ocasionaron las sequías de 1784, pues hicieron que el obispo Alcalde promoviera la obra El segundo, conocido después como Hospicio Cabañas en honor al antiinsurgente prelado que emprendió su construcción, fue erigido en cuatro manzanas para albergar a los miserables de una ciudad de tan sólo 40 ó 45 mil personas. Fueron seis enormes manzanas dedicadas a la beneficencia pública en una ciudad que podía caminarse de punta a cabo en menos de veinte minutos: de lo que hoy es el Jardín de la Reforma hasta San Francisco o del ex-convento del Carmen al Mercado Libertad

INSTITUTO LIBRE DE ...
BIBLIOTECA



Unas 47 mil almas eran las que había en Guadalajara al concluir la guerra de Independencia, ya que por huir de la inseguridad de otros lugares menores, especialmente del sur de Jalisco, muchas personas con recursos que perder procuraron el asilo tapatío, además de que las campañas surianas de José María Morelos y Vicente Guerrero entorpecieron en buena medida la ruta de Acapulco a México, alimentada principalmente por la "Nao de China", y ésta hubo de atracar varias veces en la rada de San Blas, con lo que se produjo una importante derrama en Tepic y Guadalajara. Recuérdese a la *Negra* de "ojos de papel volando", a la cual se le trajo de Tepic un soberbio rebozo de seda importado sin duda de Manila.

Lógico es suponer que la crisis que caracterizó a los primeros años de vida independiente, sumada a la famosa epidemia del cólera de 1833, dio lugar más bien a una contracción demográfica, de manera que en 1840 se hablaba de unos 45 mil pobladores. Pero el debut de una nueva actividad entre los tapatíos, como el repunte del puerto de San Blas por una corta temporada, entre otras cosas, permitió que se hablara de casi 70 mil personas en 1856.

Por un lado, a partir de 1840, aparecieron las primeras fábricas textiles en los alrededores de Guadalajara. Por otro, San



Blas, que había decaído sobremanera al consumarse la Independencia, repuntó a partir de 1849 a resultas de la "fiebre del oro" en la Alta California y mientras se terminaba el ferrocarril de costa a costa en los Estados Unidos en 1869, pues durante ese lapso los gambusinos fueron abastecidos de muchas cosas desde las costas de Colima y Jalisco

Los tres años de la Guerra de Reforma –1857-1860– que, como se sabe, se ventiló mayormente en el campo de Jalisco, fueron seguidos por la Intervención de los franceses, quienes se posesionaron de Guadalajara, junto con sus partidarios mexicanos, desde principios de 1864 hasta que, a fines de 1866, fueron vencidos en la hacienda de La Coronilla y optaron por retirarse

La primera le acarreó a Guadalajara tres sitios formales y una pavorosa destrucción, mientras que hacer frente a la segunda le ocasionó una fuerte emigración de recursos y gente hacia el sur de Jalisco y el de Sinaloa, donde se logró poner un hasta aquí al avance de los franceses. Sin embargo la recuperación fue rápida y, entre una cosa y otra, Guadalajara saludó al siglo XX con 100 mil tapatíos –que se convertirían en 120 mil una década después– mejor atendidos que quienes vivían en el medio rural o en localidades más pequeñas. Habían aparecido entonces los



primeros vehículos de transportación urbana colectiva los tranvías de mulitas, de tracción animal, pero tranvías al fin y al cabo los cuales fueron sustituidos por los eléctricos al comenzar este siglo

Además de comerciantes y hacendados de toda la entidad, ahora también vivían cómodamente en Guadalajara algunos alemanes dedicados al comercio ferretero, españoles panaderos y abarroteros, franceses que fabricaban ropa y traficaban con ella y gringos que vigilaban las inversiones de sus patrones en minas y trenes A ellos se debe la construcción de casas muy diferentes a las tradicionales y parecidas a las de sus países de origen que se diseminaron por las "colonias", entonces llamadas Francesa y Americana, a un lado y a otro de la avenida Vallarta Asimismo, como es de suponerse, residían también en Guadalajara quienes trabajaban para ellos y les daban el servicio necesario y, por supuesto, una crecida burocracia eclesiástica y civil

Al igual que durante la guerra de Independencia, en el transcurso de la década tipificada por la Revolución mexicana, el poblamiento de Guadalajara se incrementó de manera considerable con gente que buscaba mayor seguridad, de manera que el censo de 1921 nos habla de casi 150 mil Mas a partir de entonces comenzó a



incrementarse la inmigración procedente del medio rural y de sitios pequeños carentes de servicios educativos, de salud eléctricos y telefónicos, que acudía en pos de mayores posibilidades de desarrollo y mejores condiciones de vida mientras que dos fenómenos importantes permitieron generar los recursos para acomodar más y más gente la segunda Guerra Mundial y las grandes obras de aprovechamiento hidráulico que se hicieron en el noroeste

La guerra provocó una escasez internacional de ciertos productos, como los zapatos y la ropa, por ejemplo Estos y otros artículos fueron entonces fabricados por pequeñas empresas tapatías, apenas susceptibles de ser llamadas fábricas, o por sucursales instaladas aquí, precisamente para este caso de empresas de la capital del país Las presas almacenadoras de agua y productoras de energía enriquecieron a una región que demandó más y más a los comerciantes de Guadalajara. A ello se debe que, desde 1945 hasta 1960, Guadalajara haya tenido su crecimiento mayor de unos 250 a unos 750 mil habitantes, lo cual creó un desajuste del que todavía no se repone

Las últimas generaciones que han estado en el candelero y han marcado el paso de los tapatíos, fueron criadas en una ciudad muchísimo más pequeña que la ciudad a la que les ha



tocado regir. Sin embargo, sigue siendo una ciudad sumamente atractiva para propios y extraños, no obstante que continua creciendo aun de manera muy considerable y con ello aumentan también de manera vertiginosa sus necesidades.

Una de ellas es la del transporte colectivo. Estamos muy lejos ya de cruzar la ciudad caminando en un cuarto de hora. Miles y miles de conciudadanos recorren grandes trechos de ella todos los dias, despilfarrando unas energías que a todos conviene invertir en otras cosas en aras de un mejor rendimiento y una mayor tranquilidad.

Después de la Guerra Mundial se impusieron los camiones de pasajeros, pero hace ya bastante tiempo que su numero excesivo empezo a generar problemas muy graves y a ser también causa de su escasa eficiencia.

El "tren ligero" es sin duda una excelente aportación, máxime esta ruta numero dos que penetra hasta donde más se necesita. Si bien el crecimiento de Guadalajara se antoja inevitable, maxime por todo lo que escapa a nuestro intrínseco control, este tipo de obras ayudan a paliar los inconvenientes de ser tantos y coadyuvan a que vivamos mejor.



José López Portillo y Weber decía que su abuela "viajó por Europa y Estados Unidos el tiempo necesario para convencerse de que lo mejor del mundo era Guadalajara", opinión compartida por muchos otros que, después de trotar por allá y acullá, nos hemos convencido de que, a pesar de todo, no hay mejor sitio para estar que acá. Ojalá siga siendo este el caso del futuro para que nuestros hijos puedan tener una buena calidad de vida



EL TRANSPORTE EN LA GUADALAJARA DE AYER

En la Guadalajara de finales del siglo XIX el servicio de transporte foráneo lo cubrían dos compañías de diligencias y algunas empresas que sólo disponían de dos guayines para tramos cortos La Compañía Diligencias de Occidente hacía la ruta a Mazatlan, pasando por Tepic, y la empresa de don Anselmo Zurutuza iba a León y de ahí al centro del país Posteriormente se inauguró la ruta de San Blas El transporte de carga lo daban los arrieros cuyas unidades hacían tres días a Los Altos, si no llovía, porque en caso de lluvia se calculaban de ocho a diez jornadas Las diligencias a la ciudad de México tardaban más de una semana en el viaje, y en época de lluvias era imposible saber cuando se llegaría a destino

Ante la apremiante necesidad de vías de acceso confiables y rápidas, la Compañía Pacheco –también llamada Compañía Limitada del Ferrocarril Central Mexicano, asociada con capitales estadounidenses– había hecho llegar al entonces gobernador del estado, Jesus Camarena, una notificación referente a su voluntad de establecer una vía férrea entre Guadalajara y México, y ciertos estudios que realizaban para la localización de la estación del ferrocarril en nuestra ciudad

En abril de 1887 la Compañía Pacheco determina y elige el sitio adecuado para la construcción de la terminal La Camara de



Diputados local discute y aprueba el decreto por el que se concede a la Compañia Limitada del Ferrocarril Central Mexicano el derecho de cerrar las calles del cuartel 7 entre las manzanas 11 y 17 para establecer en dicho predio la estación del tren En mayo del mismo año se inician los trabajos del tendido de la via, siendo ya gobernador del estado el general Ramon Corona, quien da todo su apoyo a la realizacion de la obra

Un año despues el 14 de mayo de 1888, de la Estación del Ferrocarril Central en la ciudad de Mexico parte el viaje inaugural del servicio ferroviario a Guadalajara Trescientos pasajeros ocupan los cinco carros pullman cuatro de primera clase uno de express y la locomotora Al día siguiente dia 15 por la tarde, una multitud calculada en 70,000 personas se reune en Guadalajara para verlo llegar, en un ambiente de fiesta La ciudad lo recibe como el merecido reconocimiento a su importancia y como el impulso inicial a su carrera progresista

La industria en ese momento contaba con 295 establecimientos, entre los que destacan por su número las 80 carpinterías, las 38 fabricas de rebozos las 57 zapaterías, las 14 hojalaterías y las 12 platerias Las listas municipales registraban 1,358 comercios establecidos, entre los que destacan los 439 tendajones, las 80 tiendas de abarrotes, las 48 vinatas, las 42 tortillerías, las 39 tiendas de ropa las 60 carnicerias, los 61 expendios de cartón y los 94 encierros de maiz

Esta claro que no fue la llegada del ferrocarril el unico factor que influyo para que Guadalajara tomara el camino a la modernidad La



introducción de la electricidad el telegrafo, el telefono y los tranvias implantaron, desde 1868 una serie de cambios tecnologicos que dieron al desarrollo urbano de la ciudad un serio impulso

Segun José Rogelio Alvarez, Guadalajara en 1888 no rebasaba las 30 cuadras en ninguna dirección "Quien a partir de la catedral caminara 15 cuadras en cualquier direccion, se encontraria de improviso frente a la extension del valle" La ciudad se dividia en 9 cuarteles con 812 manzanas y 7,146 fincas particulares, 39 de instrucción, 138 de beneficencia y 24 templos

El telegrafo funcionaba desde abril de 1868 comunicando a Guadalajara con el resto del país El correo proporcionaba servicio directo a 29 poblaciones, en días alternados El servicio de telefono data de 1884, y tuvo 207 suscriptores iniciales

El alumbrado publico contaba con 66 focos de luz eléctrica en un radio de cinco cuadras alrededor de la plaza El cuerpo de policía estaba compuesto por 260 elementos, más un servicio de resguardo particular de 20 hombres Había tres mercados principales, el de Plaza de Venegas (Corona), el de la Plaza de Toros (Alcalde) y el de San Juan de Dios En algunas calles se formaban agrupamientos de vendedores de verduras, semillas y otros articulos, parecidos a los actuales tianguis

Estaban en servicio dos panteones, el de Belén y el de Los Angeles La ciudad se surtía de las aguas del cerro del Colli, que desde 1740 fueron captadas y conducidas por el fraile Pedro Buzeta,



de los manantiales de San Ramón, del río San Juan de Dios, y de norias o pozos en las fincas particulares

La historia del transporte público parece comenzar hacia 1833 cuando se instala el primer sitio de carruajes, o coches de providencia, en la Plazuela de la Soledad (hoy Rotonda de los Hombres Ilustres) Ya en 1868 Guadalajara contaba con 32 vehículos de alquiler, y en 1872 con 34, distribuidos en los sitios de La Soledad y de la Aduana (a un costado del templo de Aranzazú) La carga se transportaba en carretas tiradas por bueyes mansos

Las necesidades urbanas de Guadalajara pronto exigieron mejores medios de transporte, por lo que en 1870 un grupo de inversionistas se entusiasmó con la idea de formar una empresa encargada de establecer el primer servicio de transporte colectivo de ruta fija, por medio de tranvías de tracción animal, los famosos "tranvías de mulitas" Reunir el número de capitalistas necesarios para tal aventura no fue fácil, y el gobernador Ignacio L. Vallarta tuvo que apoyar tomando una tercera parte del monto total de las acciones

La flamante Compañía de Tranvías de Mexicaltzingo tendió los primeros ramales urbanos, con los que cubría la ruta de los Baños del Fresno al Hospital de Belén Otro tramo abarcaba del centro a la Penitenciaría, situada en el hoy parque de la Revolución, y distante nueve cuadras de la plaza de Armas

De la penitenciaría a San Juan de Dios se había tendido otra ruta que pasaba por la calle de Loreto y otra ruta más del Santuario a



Mexicaltzingo instalada por la Compañia de Tranvías de Guadalajara, que tambien exploto otras rutas urbanas y suburbanas En el año de 1884 se inauguraron las siguientes rutas

De la penitenciaria a San Juan de Dios por la calle Palacio hasta la Villa de San Pedro

De la plaza de Armas a la parroquia de Jesus

De la parroquia de Jesus a Belen, pasando por San Agustin, por el Agua Azul, hasta llegar al puente de Manzano

De la parroquia de Jesus a Mexicaltzingo, la calle Del Carmen, la calle del Rastrillo la garita de Mexicaltzingo, para terminar en la plaza del Santuario

Se tendió otro ramal de mercado Principal o Venegas (hoy Corona) por las calles de Ocampo y Zaragoza Otra ruta iba a los Naranjitos por la calle de la Merced

Las lineas suburbanas comprendian los pueblos de San Pedro Tlaquepaque, Atemajac, Zapopan y San Andres La Fábrica de Atemajac quedo comunicada por tranvia de mulitas en 1884 La villa de Zapopan quedo unida a la ciudad por el mismo medio en el año de 1894 El precio fijado para usar el servicio era de tres centavos por pasajero

Desde 1900 se presenta el interes de parte de las mismas compañias tranviarias de un consorcio textil y de otros empresarios, por introducir los tranvias electricos a Guadalajara Sin embargo, hasta



el 14 de septiembre de 1907 corrió el primer tranvía de este tipo por la ciudad La empresa formada para este efecto se denominaba Electra, S A., y resultó de la fusión de Tranvías de Guadalajara y Compañía de Luz Eléctrica

A causa de las dificultades que surgieron más tarde entre las diversas empresas encargadas de la generación de energía eléctrica, que trataban de eliminarse entre sí, el gobierno decide cortar por lo sano y acabar con los problemas Por tal motivo promovió la fusión de todas las empresas en un consorcio En 1909 surgió la Compañía Hidroeléctrica e Irrigadora de Chapala, que acaparó las concesiones de transporte tranviario, lo mismo que las de producción de electricidad y alumbrado público

La formación de este consorcio no acabó con todos los problemas que afectaban al servicio de tranvías eléctricos. Los problemas posteriores parecen haber sido de naturaleza política, consistentes en roces con el Ayuntamiento y el Gobierno del Estado El sindicato de la Hidroeléctrica era correligionario del grupo de los católicos, opuesto al libertario, simpatizante éste último de José Guadalupe Zuno, quien después sería presidente municipal y luego gobernador

Zuno, argumentando razones técnicas y políticas, mostró gran empeño en someter a la Hidroeléctrica a su autoridad, y así intervino la empresa tranviaria varias veces. Unas porque el trepidar de los tranvías deterioraba las calles y la empresa se tardaba en repararlas, o simplemente no lo hacía Otras por motivos de exenciones fiscales que durante muchos años la Hidroeléctrica había gozado, y Zuno


UNITED

trataba de demostrar la ilegalidad de tales hechos pretendiendo que la empresa pagara lo que supuestamente adeudaba Por ejemplo con obras de beneficio público, como construir un tramo de colector para el pestilente rio de San Juan de Dios, a manera de indemnización

Llegó un momento de dureza radical por parte del Ayuntamiento en su persecución a la Hidroelectrica, por lo menos en su apartado tranviario La expedición de un reglamento para el tráfico de los tranvias en agosto de 1923, puso en jaque a la empresa " el trafico de los tranvías en los circuitos urbanos, deberá efectuarse tomando como base 'la derecha' " La mayoría de las vias, obviamente, estaban tendidas del lado izquierdo

En 1925, la Hidroeléctrica y el gobierno del estado celebraron un contrato-concesión del que destaca la clausula 14

"La compañía queda facultada para emplear en su servicio de transporte de pasajeros o de carga, medios distintos a la energia eléctrica, exceptuando el de tracción animal, pudiendo, además establecer el servicio de vehículos sin rieles"

El 29 de marzo de 1928, veintiún años después de su inauguración, comienzan a levantarse las vias de algunos circuitos de tranvias Hay que hacer notar que en 1924 ya se habia formalizado el uso de autobuses en el servicio de transporte público de esta ciudad



Y así mientras los camiones ampliaban su red los tranvías daban tumbos de tal suerte que hacia 1944 este servicio que había llegado a contar con tranvías de dos pisos y señoritas cobradoras a bordo vio llegar irremediablemente su fin

La historia a partir de ese momento es más o menos de todos conocida camiones camiones y más camiones

Para 1968 invitados por el gobernador Francisco Medina Ascencio vinieron técnicos del Ministerio del Transporte inglés, para hacer un primer estudio sobre el tráfico, el estacionamiento, el movimiento de mercancías y el transporte público Al año siguiente, un equipo de ingenieros japoneses permaneció casi un año en esta ciudad para estudiar la factibilidad de un tren, que se propuso con líneas de superficie elevadas y subterráneas

Se siguieron considerando posibilidades con la misma idea de dotar a Guadalajara de un sistema de transporte de ferrocarril electrificado diversas empresas de países industrializados ofrecieron estudios y financiamiento Se llegó a considerar hasta un sistema de monorriel elevado durante el gobierno del licenciado Alberto Orozco Romero, administración en la que la Junta General de Planeación y Urbanización realizó un propósito largamente contemplado y hasta entonces pospuesto el eje norte-sur, ahora calzada del Federalismo, en el cual se alojaría la primera línea del tren eléctrico



Después de cuidadosos estudios tanto de trazo, seccion, accesos banquetas, señalamientos, mobiliario etc se diseño un tunel a lo largo de su trayecto, mismo que se construyó con estaciones preparadas, y se dejaron muchas otras previsiones Provisionalmente el tunel se utilizo para la corrida de una ruta de trolebuses Dato curioso resulta el del origen de las primeras unidades que circularon por este túnel, que fueron compradas de segunda mano a la ciudad de Chicago

El gobierno estatal siguiente, a cargo del licenciado Flavio Romero de Velasco, continuó con el objetivo y se consideraron propuestas para el transporte masivo, ahora de procedencia francesa, belga e italiana

Al fin, durante la administración del licenciado Enrique Alvarez del Castillo, los estudios continuaron y, gracias a la obtención de un crédito y el apoyo del gobierno federal, precisamente por medio del actual presidente Carlos Salinas de Gortari, entonces en su calidad de secretario de Programación y Presupuesto, se formalizaron los trámites necesarios y se asignaron recursos presupuestales para construir la primera línea y adquirir 16 unidades del tren ligero

Al principio del gobierno del licenciado Guillermo Cosio Vidaurri se realizaron diversas obras complementarias, con lo que se consolidó el importante esfuerzo realizado para poner en operacion el Sistema del Tren Electrico Urbano, el 1 de septiembre de 1989



SIMBOLOGIA
• ESTACIONES (EN OPERACION) LINEA 1

A. PERIFERICO NORTE
B. DERMATOLOGICO
C. ATEMAJAC
D. DIVISION DEL NORTE
E. AVILA CAMACHO
F. MEZQUITAN
G. EL REFUGIO
H. JUAREZ
I. MEXICALTZINGO
J. WASHINGTON
K. SANTA FILOMENA
L. UNIDAD DEPORTIVA
M. URDANETA
N. 18 DE MARZO
O. ISLA RAZA
P. PATRIA SUR
Q. ESPAÑA
R. TESORO
S. PERIFERICO SUR

SIMBOLOGIA
• ESTACIONES LINEA 2

1. JUAREZ
2. PLAZA UNIVERSIDAD
3. SAN JUAN DE DIOS
4. BELISARIO DOMINGUEZ
5. OBLATOS
6. CRISTOBAL DE OÑATE
7. SAN ANDRES
8. SAN JACINTO
9. LA AURORA
10. TETLAN



LA PLANEACIÓN DE LA LÍNEA 2

MARCO GENERAL

El transporte urbano representa uno de los problemas más grandes de la Zona Metropolitana de Guadalajara y una de las demandas básicas de la población. Más de 5 millones de viajes se generan en la ciudad, que desde el último censo demuestra haber transformado su estructura económica y su configuración territorial.

Frente a este panorama, el Gobierno de Jalisco se ve comprometido en un esfuerzo para ofrecer un sistema eficiente de transportación, en especial para los sectores populares. En esta misma dirección se han desarrollado diversas iniciativas, que van desde la regulación de las tarifas hasta la planeación de un sistema integral de transporte urbano, conformado por las diversas modalidades de desplazamiento.

La infraestructura vial es la base de la estrategia de transporte. Los primeros intentos formales de planificación urbana de la ciudad datan de 1942. Uno de los resultados inmediatos de estos tempranos intentos fue la definición y materialización paulatina de un sistema vial primario, que dio principio con ampliaciones de algunas arterias. A la fecha continua, con acciones de definición, proyectos, trazos, aperturas, prolongación y rectificación de calles que, junto con la construcción de túneles y nodos, han conformado el sistema vial de nuestra capital.

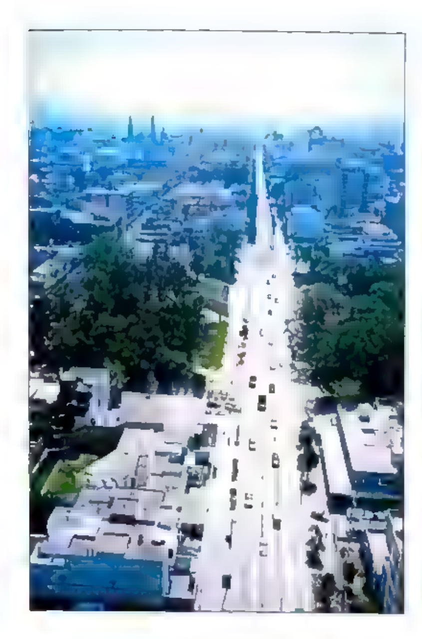


Este sistema se ha caracterizado por su progresiva saturación Ello se confirma por los siguientes datos en 1970 la velocidad promedio en horas pico era de 48 km por hora En 1980 descendió a 32 km por hora, y en 1993 a sólo 18 km por hora Crean esta situación los 700.000 vehiculos que aproximadamente circulan en la zona metropolitana de Guadalajara Es natural pues que se formen problemas viales de gran magnitud, y que la emisión de contaminantes rebase en ocasiones 4 veces la norma permitida por la Organización Mundial de la Salud

En previsión de lo anterior, en los años setenta, al construirse la calzada del Federalismo se pensó en aprovechar la obra para introducir un túnel que alojaría en el futuro vehículos de transportacion masiva no contaminantes

Después de ser usado durante años por trolebuses, en 1987 se decidió introducir en este túnel no el metro tradicional, sino un sistema más funcional, que ya utilizaban muchas ciudades del mundo Un sistema con flexibilidad para correr lo mismo por túneles viaductos y avenidas, y con capacidad para crecer progresivamente a la medida de los recursos públicos y las necesidades de la población Un sistema que con un costo mucho menor que el del metro, produce la misma utilidad de movilización

El 1 de septiembre de 1989 se puso en servicio la primera línea, y desde entonces se ha incrementado su demanda en casi el doble En la actualidad transporta diariamente a 70 mil pasajeros y ha llegado a ser autosuficiente en su operación Sin embargo, la Línea 1



es sólo el primer paso Lo que la zona metropolitana requiere con urgencia es una red constituida por varias líneas que vincule a sus puntos neurálgicos

El proyecto

Definir el siguiente paso en la construcción de este sistema no ha sido fácil Son muchos los requerimientos y las prioridades de la ciudad Sin embargo, en los estudios técnicos elaborados en 1990 se detectó la existencia de un eje de transportación que sobresale por su demanda entre los sitios de origen y destino Se trata de la conexión del centro metropolitano con el oriente de la ciudad Entre estas dos zonas se generan, mediante diversas rutas de autobuses y trolebuses, más de 200 mil viajes diarios

Las razones de esta fuerte demanda son evidentes el centro sigue siendo el corazón de la ciudad y un poderoso imán para el comercio, la recreación y la cultura, sobre todo para los habitantes de los sectores Reforma y Libertad

El oriente por su parte, acotado en una franja central que va de Pablo Valdéz a Revolución, es una de las zonas más populosas y activas de la ciudad En cerca de dos mil hectáreas se alojan más de 350 mil habitantes, es decir una de las mayores densidades de población Aquí están también gran parte de los pequeños talleres domésticos y los centros de comercio popular más dinámicos Obregón, la zona del vestir y San Juan Bosco, entre otros





Otra razón para decidir esta nueva etapa es que al oriente de la zona metropolitana se localizan las mayores reservas habitacionales En la próxima década, más de mil hectareas seran ocupadas por cerca de 150 mil nuevos pobladores, ello incrementara aun mas las necesidades de transportación en este eje, hasta llegar a mas de 300 mil viajes diarios para el año 2000

La demanda inicial de la ruta, que se estima provendra de una franja de 500 metros a cada lado del eje, representa 95 mil viajes, a los que se sumarán los transbordos de la Linea 1 de aproximadamente 35 mil pasajeros más Con ello se define una demanda total de 130 mil viajes diarios, cantidad más que suficiente para justificar una ruta de transporte colectivo

El eje que forman las avenidas Juárez-Mina fue el adecuado para esta ruta Otras alternativas en dirección oriente-poniente que se estudiaron significarian mayores costos, mayores afectaciones a las viviendas, la destrucción de propiedades patrimoniales en el centro histórico, o desintegrar violentamente barrios que se han formado en décadas o siglos Este seria el caso de los trayectos La Paz-Cuitláhuac, López Cotilla-Obregón, Hidalgo-Republica o Manuel Acuña-Esteban Alatorre

El trazo escogido ayudará decisivamente a la reorganización del espacio urbano que postula el nuevo Plan de Ordenamiento, aprobado en 1990 Mas aun si se tiene en cuenta que la obra constituye la primera fase de un trayecto que en un futuro se extendera al oriente y al poniente Este eje coincide con una de las

principales arterias metropolitanas en el que se ubican algunos de los 16 subcentros de servicio que se busca consolidar para descentralizar la administración local y la vida metropolitana

A veinte años de distancia podemos observar que los pasos dados hasta ahora en cuanto al Sistema de Tren Eléctrico Urbano constituyen el esfuerzo de varios gobiernos, adaptado siempre a las necesidades del momento y la disponibilidad de recursos. En retrospectiva podemos considerar que fue un gran acierto la construcción del túnel bajo la calzada del Federalismo en 1974 aprovechando la apertura de la arteria, y un gran acierto comenzar utilizándolo con trolebuses. Fue también un acierto, en 1987, decidirse por un sistema de metro ligero, que puede crecer y adaptarse a las necesidades de una urbe en rápido desarrollo, sin ser prohibitivo en lo económico durante sus primeras etapas. Es también un acierto de planeación continuar utilizando el concepto del metro ligero para la Línea 2, pues se espera para ella un crecimiento que la convertirá en la espina dorsal del transporte metropolitano alrededor del año 2000. Como más adelante se explica, con sencillas adaptaciones y adiciones se podrá incrementar su capacidad de servicio hasta equiparar el que ofrecen los metros pesados de otras ciudades. Si bien la capacidad inicial de la Línea 2 se ubica actualmente en un nivel de 200 000 pasajeros por día, la capacidad a futuro se incrementará como se muestra en el siguiente cuadro de niveles operativos del sistema





Espectro de capacidad de transporte
Sistema Tren Ligero

NIVEL	CUPO POR CONVOY (trenes acoplados)	INTERVALO en min o seg	CAPACIDAD/ HORA/ DIRECCION
1	600	7 5 min	4 800
2	900	5 min	10 800
3	900	2 5 min	21 600
4	1 200	100 seg	43 200
5	1 500	90 seg	52 000

EL CONTRATO

El grupo promotor Tlaloc-Siemens-Concarril (hoy Bombardier) presento en enero de 1990 un estudio de factibilidad y carta de intencion para realizar la obra El Gobierno del Estado, a traves del Departamento de Planeación y Urbanizacion de la Secretaria de Desarrollo Urbano y Rural contrató la elaboración del proyecto ejecutivo. Una vez terminado este, se entrego al grupo promotor para su presupuestación

Luego de su evaluación, el Gobierno del Estado decidió la contratación de la obra en favor del grupo promotor El fundamento de la asignación descansa sobre todo en la alta especialización de la empresa Siemens a nivel mundial en servicio de trenes urbanos, en la





experiencia y capacidad de la empresa Tláloc, demostradas en la construcción de la infraestructura de la Línea 1 y en la propuesta de financiamiento de ambas empresas, además en el hecho de que la empresa Bombardier-Concarril es la única del país que fabrica trenes.

Con el objeto de llevar a cabo las obras de construcción y puesta en marcha de la Línea 2 del tren eléctrico [illegible] público descentralizado "Sistema de la Línea 1 de Tren Eléctrico Urbano", mediante decreto número 14466 del Congreso del Estado, expedido el 14 de diciembre de 1991.

El consejo de administración de este organismo lo forman los titulares de las secretarías de [illegible], Vialidad y Transporte, desarrollo urbano, Siteur, el presidente municipal de Guadalajara y el director general del Sistema de Tren Eléctrico Urbano.

El 9 de diciembre de 1991 se contrató al grupo promotor Tláloc-Siemens-Concarril (hoy Bombardier) para el suministro, instalación, montaje y puesta en servicio de la línea 2.

El monto del contrato original asciende a 1 033 millones de nuevos pesos, más una partida adicional de 63 millones de nuevos pesos para cubrir los conceptos de obras inducidas, afectación de fincas, estudios y proyectos y dirección de obra.

El contrato se desglosa entre los contratistas como sigue





- Obra civil (Edificaciones Tláloc) $ 540 306 340
- Obra electromecánica nacional (Siemens S A) $ 29'503,412
- Obra electromecánica importada (Siemens A G) $ 367'014,776
- Trenes (Concarril-Bombardier) $ 96 300,744

OBRAS ADICIONALES

Durante el transcurso de la obra surgió la conveniencia de aprovechar la oportunidad de la ejecución del proyecto para realizar cinco obras adicionales

- Viaducto Javier Mina-Juárez debajo de la calzada Independencia
- Rehabilitación de la plaza Mercado Libertad
- Instalación de adoquín en los carriles laterales de la avenida Juárez
- Rehabilitación del Parque de la Revolución
- Instalación de escaleras eléctricas en la estación Juárez II

Para las obras anteriores fue necesario firmar un convenio adicional. Sin embargo, en el caso de las tres primeras el Ayuntamiento de Guadalajara acordó participar con 50% de la inversion





FINANCIAMIENTO

El financiamiento de la ejecución de la obra fue acordado inicialmente en la forma que sigue

	(millones de dólares)
♦ Gobierno federal	110
♦ Crédito del banco alemán KFW	110
♦ Ayuntamiento de Guadalajara	7
♦ Gobierno de Jalisco	103



La construcción de la Línea 2

En síntesis, las labores de la Línea 2 del Tren Eléctrico Urbano de Guadalajara consistieron en la introducción de 9 6 kilómetros de túnel, la construcción de 10 estaciones de pasajeros, las instalaciones electromecánicas y la adquisición de los 32 trenes. Suena sencillo en primera instancia, pero su realización puede considerarse la obra publica más compleja y de mayor inversión en la historia de Jalisco. En las excavaciones hubieron de removerse más de un millón y medio de metros cubicos de materiales, lo que significa más de 250 mil viajes de camiones de volteo con caja de 6 metros cubicos cada uno. Para la construcción de las paredes del tunel, las estaciones y diversas obras adicionales se consumieron unos 250 mil metros cúbicos de concreto, lo que equivale a construir una carretera de concreto de 22 centímetros de espesor, 4 carriles de ancho y 85 kilómetros de longitud, como de Guadalajara a Ocotlán Se gastaron también más de 25 mil toneladas de acero, equivalentes a 625 trailers cargados con 40 toneladas cada uno El peso del equipo electromecánico utilizado superó las 2,000 toneladas

Obra civil

El túnel

Antes de iniciar las labores de excavación se llevó a cabo una gran variedad de estudios sobre el impacto y riesgo ambiental que



podrían generar las labores de construcción sobre la zona. Se tomaron en cuenta la población, el uso del suelo, la mecánica del suelo, los niveles freáticos del área y otros factores. Un importante tramo del túnel para la Línea 2 cruzó por el centro histórico de la ciudad, bajo la avenida Juárez, desde el parque de la Revolución hasta la calzada Independencia, zona de altos edificios antiguos con cimentación de capacidad indefinida, así como una fuerte densidad de comercios. Por ello, fue necesario recurrir a un sistema constructivo para el túnel que a la vez protegiera la integridad de las construcciones antiguas –algunas de valor patrimonial– y permitiera un pronto restablecimiento de la circulación vehicular y peatonal.

Se utilizó un sistema constructivo consistente en la fabricación en sitio de pilotes adyacentes de concreto armado, con lo que se formaron las paredes del túnel. Enseguida se coló la losa de concreto del techo del túnel y, sobre ella, se continuó con los rellenos y pavimentación para restablecer la circulación vehicular. A través de las bocas del túnel se procedió luego a excavar la tierra del interior, hasta llegar al nivel establecido para colar la losa de piso.

Este sistema fue utilizado también, con éxito, en la construcción de diversos túneles en la ciudad, tales como túnel de la avenida Hidalgo, desde el mercado Corona hasta la calzada Independencia, realizado en una zona con características de suelo similares a las de la zona del túnel de la Línea 2, en su zona centro, de igual manera





fue aplicado en el paso a desnivel bajo la glorieta Minerva, así como en el que cruza bajo la estación del ferrocarril

Por ello se decidió recurrir una vez más al sistema de pilotes estructurales colados en sitio, tomando en cuenta la necesidad de formar los muros laterales antes de la excavación, para evitar cualquier derrumbe o inestabilidad a los edificios colindantes. La longitud de tunel construida de esta manera es de 1.400 metros aproximadamente

El procedimiento constructivo del tramo de tunel que pasa por la zona centro se realizó en la siguiente secuencia

1 Se realizaron obras inducidas, como son líneas de agua y drenaje en ambas aceras, para conectar tomas y descargas de drenaje domiciliarias, ante la inutilización de las líneas originales a causa de las excavaciones. Las nuevas conexiones se realizaban en lapsos de entre 15 y 30 minutos, por lo que el usuario la mayor parte de las veces ni se dio cuenta de lo ocurrido. Asimismo se protegieron o modificaron las redes troncales de teléfonos, líneas subterráneas de alta tensión, así como las redes de alumbrado y semáforos. Cuando el caso lo ameritaba, los trabajos se ejecutaron durante la noche

2 La primera etapa de excavación inició con la ruptura del pavimento existente, excavando hasta llegar a una profundidad de entre 1 5 y 2 metros, que corresponde a la superficie inferior de la losa del techo, desde donde se inició la perforación de los pilotes





3 Enseguida se procedió con la excavación de los pilotes mediante máquinas de perforación rotativas, denominadas piloteadoras Su diámetro varía entre 80 y 100 centímetros, y su profundidad entre 10 y 11 metros. En casos en que los mantos freáticos se combinan con lodos pumíticos, fue necesario utilizar lodos bentoníticos para dar estabilidad a la excavación Esta técnica ha tenido una gran aplicación en la ciudad de México, pues evita derrumbes en el interior de las perforaciones

4 Una vez que se realizaron las perforaciones, se introdujeron estructuras armadas de varilla de acero. Luego se bombeó concreto por medio de una manguera, mismo que por su densidad de 2 4 toneladas por metro cúbico desplazó los lodos bentoníticos hacia arriba, expulsándolos

5 Una vez terminadas las paredes que forman los pilotes a ambos lados del eje del túnel, se realizó la segunda etapa de la excavación Se profundizó el nivel anterior hasta 3 metros más, para permitir la introducción de una cimbra metálica que se deslizó sobre rieles Esta cimbra se utiliza para construir la losa del techo del túnel. Después del colado, se aplicó vapor a 60 grados centigrados, con lo que se aceleró la madurez del concreto al 70% de su resistencia en un periodo de 10 a 12 horas, lo que permitió un avance diario de 10 metros por frente de trabajo

6. La tercera etapa de excavación se realizó desde el nivel anterior hasta una profundidad adicional de 2 55 metros, para llegar

al nivel requerido por la losa de piso. Para esto, fue necesario instalar extractores con el fin de desalojar los gases emitidos por la maquinaria que realizaba las labores de desalojo de tierra en el interior del tunel.

Una vez construido el firme del piso, se descubrieron los bastones de varilla previamente integrados a las estructuras de los pilotes. Estos se desdoblaron en un ángulo de 90 grados para integrarlos a la estructura de la losa del piso, colada posteriormente a un espesor de 45 centimetros.



En el tramo de tunel correspondiente a la avenida Javier Mina, comprendido entre San Juan de Dios y Tetlán, de unos 6,500 metros de longitud, se utilizó un procedimiento constructivo diferente, por las condiciones de la zona. Las edificaciones ubicadas sobre la avenida Javier Mina son en general de baja altura y su construcción es más reciente que en el centro de la ciudad. El estrato de suelo rocoso en algunas partes se halla a una profundidad relativamente superficial. Los niveles freáticos se encuentran a poca profundidad. Por todo lo anterior se eligió un procedimiento de excavación a cielo abierto, y la utilización de una cimbra metálica deslizante para la construcción del tunel. Esta cimbra fue desarrollada por tecnicos locales. Sus caracteristicas funcionales permitieron lograr un avance de hasta diez metros diarios de túnel terminado en cada frente de trabajo. Se trata de una estructura deslizante de 64 toneladas de peso que se desplaza conforme avanza la excavación



a cielo abierto y permite colar integral y simultaneamente las paredes y el techo del tunel

En el proyecto original se contemplaba la utilizacion de cuatro de estas estructuras pero por lo apremiante que resultaba para la ciudad el eliminar pronto y sin demoras las molestias causadas por la obra, se decidio utilizar una quinta cimbra adicional Se pensaba que en caso de existir contratiempos con alguna de las otras cuatro la quinta recuperaria el tiempo perdido Al no presentarse problemas mayores en la utilización de las estructuras, la intervencion de la quinta cimbra de hecho acelero el proceso en hasta un 20 por ciento De igual manera que en el procedimiento de los pilotes, se aplicó vapor a presion sobre el concreto para acelerar su madurez, con la diferencia de que las tuberias que inyectaron el vapor estaban integradas dentro de la propia cimbra En algunos casos se pudo recurrir tambien al uso de cimbras tradicionales, con lo que la producción semanal llego a los 230 metros lineales en conjunto

En términos generales, el tunel tiene una seccion constante de 7.60 de ancho y 5 metros de alto, aunque su seccion se modifica a lo ancho en las curvas y zonas de cambiavias, para mantener los espacios de seguridad necesarios durante el transito de los trenes Su construcción se llevo a cabo en 20 meses, a partir de febrero de 1992 Se calcula que el avance promedio en conjunto de los distintos frentes de trabajo fue de 15 5 metros diarios Los principales obstaculos que fueron salvados incluyen los mantos de roca, los colectores de aguas negras y pluviales, las circulaciones vehiculares





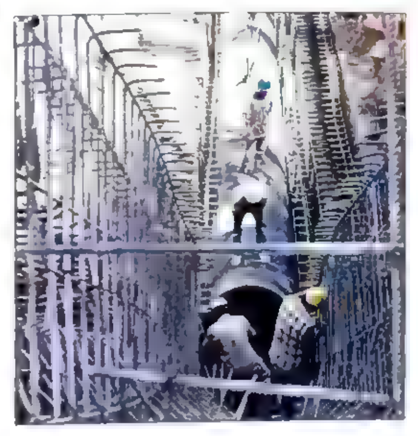
y peatonales, las líneas de agua potable, teléfonos y eléctricas, los mantos de aguas freáticas y las indispensables afectaciones de fincas en los tramos en que tuvo que rectificarse el trazo de la avenida, entre las estaciones San Andrés y La Aurora. En esa zona la avenida Javier Mina se reducía a dos carriles en terracería.

La construcción del túnel se realizó en sus trazos horizontal y vertical de conformidad con las normas nacionales e internacionales ferroviarias, y las específicas para trenes ligeros. Ello es así porque un túnel que presentara curvas demasiado cerradas comprometería la seguridad de los convoyes, disminuiría su velocidad, su eficiencia, y ocasionaría un mayor desgaste del equipo. Cuando las pendientes son demasiado pronunciadas también disminuye la eficiencia del transporte, por las bajas velocidades resultantes, a la vez que aumenta el gasto energético y crece el riesgo de alcances entre trenes. Para asegurar que en el proyecto se aplicaran las especificaciones más rigurosas, se contrataron empresas especializadas de peritos asesores que vigilaron el cumplimiento de las normas de diseño y construcción. Así, y gracias a la utilización de equipo avanzado de topografía, la desviación máxima del túnel terminado con respecto al proyecto original no supera los 61 milímetros en toda su longitud.

Por otra parte, y para asegurar la calidad de los materiales utilizados se instalaron laboratorios de ensaye de materiales en cada frente de trabajo. De este modo, por norma no se procedía al descimbrado de una losa hasta que el laboratorio no hubiera



dictaminado la resistencia del concreto. Lo mismo ocurría con el acero utilizado: se practicaban pruebas antes de dar la autorización para utilizar un lote determinado.



LAS ESTACIONES

La vinculación entre el túnel y el nivel de la calle se realiza mediante diez estaciones, separadas entre sí por un promedio de 950 metros. Están ubicadas estratégicamente con respecto a las principales arterias de vialidad norte-sur que cruzan el trazo de la Línea 2, así como con respecto a los principales centros aledaños de actividad urbana.

Las estaciones han sido denominadas Juárez (terminal poniente), Plaza Universidad, San Juan de Dios, Belisario Domínguez, Oblatos, Cristóbal de Oñate, San Andrés, San Jacinto, La Aurora y Tetlán (terminal oriente).

La estación Juárez es la estación de correspondencia con la Línea 1, y permite el libre flujo de pasajeros entre las Líneas 1 y 2.

La estación Plaza Universidad, localizada en las inmediaciones del centro histórico de la ciudad, sirve de transferencia hacia las múltiples rutas de autobuses que circulan por la avenida 16 de septiembre, entre la estación del Ferrocarril, la Normal y Zapopan. La estación quedó preparada para una futura correspondencia con la Línea 5, que correría bajo la avenida 16 de septiembre.



La estación San Juan de Dios se halla situada en una de las zonas de mayor actividad comercial el mercado Libertad y próxima al eje norte-sur más importante de la ciudad, la calzada Independencia

La estación Belisario conecta con el par vial existente entre la zona hospitalaria de Belisario Domínguez y la Central vieja de autobuses

La estación Oblatos conecta con el par vial Porfirio Díaz-Esteban Loera, que une la zona del Jardín Industrial Canadá con el barrio de Oblatos, el más populoso de la ciudad

La estación Cristobal de Oñate conecta con el importante par vial formado por las calles 54 y 56, que une el Instituto Tecnológico con el barrio de Oblatos Se ubica frente a la desaparecida penitenciaria de Oblatos y al jardín Lazaro Cardenas En su zona de influencia funcionan más escuelas que en ninguna de las demás estaciones así como numerosos comercios medianos y pequeños Dara servicio a una unidad deportiva, una parroquia y una sucursal del Monte de Piedad

La estación San Andres está situada en la proximidad de los ejes norte-sur Francisco Sarabia, Ventura Anaya y Felipe Angeles El tradicional barrio de San Andres se beneficiará especialmente con la Línea 2, pues se halla densamente poblado por miles de personas que diariamente se desplazan a centros de trabajo en toda la zona metropolitana Tambien en el barrio de San Andres se localizan la





escuela primaria Lázaro Cárdenas, dos templos y numerosos establecimientos de servicio y comercio

La estación San Jacinto conecta con el anillo de circunvalación, en su tramo Plutarco Elías Calles, mismo que se extiende al sur hacia Tlaquepaque En su zona de influencia funcionan numerosos comercios medianos y pequeños. Además, la estación recibirá el pasaje que generan un centro comercial, una tienda del ISSSTE, centros escolares, una unidad del DIF y una extensa zona habitacional

La estación La Aurora se halla enclavada en el populoso barrio del mismo nombre, en el que existe la escuela primaria Mariano Azuela con dos turnos, una unidad deportiva, un jardín, una unidad del DIF y dos templos

La estación Tetlán conecta con el importante eje Mercedes Celis Por tratarse de una cabecera de línea se construyeron apeaderos de transbordo norte-sur, a nivel de la calle, para facilitar el abordaje de las líneas de autobuses que enlazan la nueva Central de autobuses Su proximidad con el parque de la Solidaridad Iberoamericana sin duda favorece la visita a dicho atractivo metropolitano

Seis de las diez estaciones son semejantes entre sí, por lo que se les denomina estaciones tipo. En general, cada estación cuenta con

- Cuatro accesos, alojados en las banquetas
- Vestíbulos con teléfonos y máquinas expendedoras de fichas
- Pasarelas de comunicación entre vestíbulos



- Torniquetes de control de acceso y salida de los andenes
- Andenes de 150 metros de largo, que pueden dar cabida a convoyes de hasta cinco trenes acoplados

Además, cada estación cuenta con un área de cuartos técnicos, cuyas funciones son las siguientes

- Jefatura de estación
- Puesto central de control (sólo estación Juárez)
- Puesto local de control (en ciertas estaciones)
- Sala de comunicaciones (en ciertas estaciones)
- Sala de relevadores (en ciertas estaciones)
- Sala para la subestación de tracción (en ciertas estaciones)
- Sala para la subestación de servicios propios
- Sala de tableros de baja tensión
- Planta eléctrica de emergencia
- Sala para equipo de extracción de aire
- Sala para equipo de bombeo de aguas freáticas
- Cisterna para sistema contra incendio



- Cárcamo de bombeo de aguas freaticas en pasarela
- Cárcamo de bombeo de aguas negras
- Sanitarios para empleados
- Sala de mantenimiento y aseo

La subestaciones de tracción sólo existen en las estaciones Juárez, San Juan de Dios, Oblatos, San Andrés y La Aurora. Los cuartos de relevadores se encuentran en las estaciones Juárez, Oblatos y Tetlán. Los puestos locales de control se encuentran en las estaciones Oblatos y Tetlán. Las salas de comunicaciones se encuentran en las estaciones Juárez, San Juan de Dios, Oblatos, San Andrés y La Aurora

Estación Juárez

Ubicada en el parque de la Revolucion, se distingue por sus 16 metros de profundidad, pues la Linea 2 pasa por abajo de la Linea 1. Es la única que, por ello, cuenta con escaleras eléctricas para el abordaje de pasajeros. Su arquitectura es singular; el proyecto fue desarrollado por el arquitecto Fernando Gonzalez Gortázar. Contempla el concepto de establecer una extensión del parque en el interior de la estación, mediante amplios tragaluces que la inundan con luz natural, así como palmeras y otras plantas para darle un aspecto amable y cálido


JD510



En la construcción de la estación Juárez debieron vencerse muchos obstáculos El primero de ellos fue naturalmente su profundidad, que aunada a sus dimensiones requirió desalojar grandes volúmenes de tierra. Luego, la aparición de mantos freáticos a los ocho metros de profundidad, mezclados con las arenas pumíticas del subsuelo, material deleznable que al contacto con el agua forma una especie de arenas movedizas Por ello, fue preciso comenzar por erigir un muro de contencion como dique contra las corrientes subterráneas Para lograrlo se recurrió al sistema de pilotes estructurales, sólo que en esta ocasion fue necesario colocar pilotes intermedios para formar una barrera mas densa contra el agua Los colados se realizaron con ayuda de lodos bentoniticos, para impedir que se inundaran las perforaciones de los pilotes Para colarlos, se utilizaron concretos plásticos, de mayor resistencia y menor tiempo de fraguado

Los estudios de mecánica de suelos la existencia de una subpresión de 8 toneladas por metro cuadrado en la zona del parque de la Revolución El abatimiento del nivel freático se logro mediante 30 pozos, con lo que se reguló el nivel freático y se mantuvo relativamente seca el área de trabajo En ausencia de agua, las arenas pumiticas se convirtieron en un suelo compacto, lo que permitió la utilización de maquinaria pesada Los muros de los andenes recibieron troqueles o vigas de apuntalamiento que ayudaron a soportar la presión del agua una vez detenido el bombeo; los muros de los vestíbulos de la estación, ante la



mposibilidad de recibir troqueles por su claro de 16 metros, se reforzaron hasta un espesor de un metro

Con lo anterior se soluciono el problema de la presión lateral sobre los muros pero tuvo que enfrentarse luego la presión del agua proveniente de abajo del piso de la estacion Resultaba claro que cualquier estructura dejada a su propio peso, no tardaria en flotar y derrumbarse Se calculo que el peso de una losa de concreto de 3 metros de espesor sobre la estación seria suficiente para contrarrestar las 8 toneladas por metro cuadrado de subpresión, ello significaria la necesidad de perforar 3 metros mas para dar cabida a ese espesor, donde ya la subpresión seria de 11 toneladas por metro cuadrado, haciendo el procedimiento más dificil y costoso

Se optó, pues, por razonar que si la estación Juárez podia ser comparada con un barco, por ser hermética, lo mejor sería "anclarla" para evitar que se moviera Por primera vez en la historia de la ingenieria en nuestra ciudad se utilizaron anclas para fijar la estación al manto rocoso que se encuentra 5 metros más abajo Las perforaciones tienen 11 metros de profundidad, por lo que entran 6 metros en la roca viva Una vez terminado cada anclaje, se inyectó una mezcla de cemento, agua, arena y aditivo plástico Como margen de seguridad, las 380 anclas podrían soportar una tensión de 95 a 110 toneladas por metro cuadrado cada una, aunque sólo trabajan a 38 toneladas, con lo cual el barco de la estación Juárez queda perfectamente "anclado" en su mar subterráneo



La anterior solucion hizo acreedora a la empresa constructora de obra civil de la Linea 2 al Premio 1993 de Cementos Guadalajara en las categorías de Mecánica de Suelos y Concreto en la Obra Publica

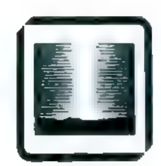
Base de mantenimiento

La base de mantenimiento del Sistema de Tren Electrico Urbano se ubica en el extremo suroriente de la Linea 2, cerca de la estacion Tetlán, y tiene su acceso por las calles Andrés Bello y Luis M Fregoso

La base de mantenimiento ocupa una superficie de casi 11 hectáreas, y sus instalaciones estan previstas para dar servicio a las 2 líneas actuales y a las que se construyan en el mediano plazo dada su área de reserva y equipamiento La base podra contar con una capacidad para manejar hasta 150 trenes, o sea tres veces mas que las necesidades actuales En 3 naves con un total de 15 400 metros cuadrados, la base aloja el taller de reparaciones mayores, taller de servicio, áreas de oficinas y capacitación, torre de control y cuartos técnicos, almacén general, andenes de estacionamiento área de maniobras, estacionamiento para autos, planta de basura y sala para el sistema de bombeo

En la torre de control existe un puesto local de supervisión desde donde se maneja la circulación de los trenes dentro de la base Para ello, se cuenta con 25 cambiavias telemandados, y 5 5 kilometros de vias En el mundo existen pocas bases urbanas de mantenimiento





ferroviario tan completas y tan bien planeadas como ésta. Ello se debe a que desde antes de su construcción se eligió el terreno adecuado, y se previó tanto el servicio actual como las ampliaciones a futuro. Además, la base cuenta con el equipo de mantenimiento más moderno para atender los trenes a todo lo largo de su vida útil, desde el servicio rutinario hasta reparaciones mayores, y finalmente su desmantelamiento total y reconstrucción. La base también puede atender el mantenimiento de las instalaciones fijas del sistema, como pueden ser la catenaria, la vía, las subestaciones, etc.

La reparación de trenes incluye los servicios de ruedas, frenos, carrocerías, puertas, pantógrafo, instalaciones electromecanicas y electrónicas, pintura, mobiliario y acabados interiores, entre otros. Se dispone de dos equipos muy costosos que proporcionan un servicio indispensable: la prensa hidráulica, capaz de desarmar las mancuernas de los *boogies* con alineación milimétrica y presión controlada. El torno de rectificación de ruedas, de control numerico, permite a las cuatro ruedas de un *boogie* ser perfiladas hasta lograr una nueva configuración útil cuando ya están muy gastadas, todo de manera automática.

Las instalaciones de la base incluyen diversas fosas de revisión, elevadores de trenes, grúas viajeras, cabina de pintura, limpieza de *boogies* y señalización. Además, la planta de recolección de basura y la de desechos residuales del taller permiten la extracción y tratamiento adecuados de los desechos industriales.



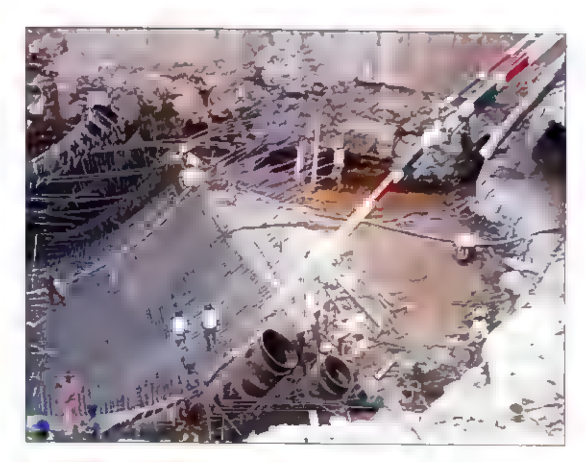
Se puede decir que la base de mantenimiento, cuyo costo alcanza hasta un 10 por ciento del valor total del proyecto, es una inversion amortizable a largo plazo, pues está diseñada para soportar un crecimiento de 5 líneas más de Tren Eléctrico, siempre y cuando hagan correspondencia con las actuales

En cuanto a la zona de Tetlan, donde se aloja la base, mejoró sustancialmente con la nueva construcción, pues se pavimentaron calles, se introdujo alumbrado y se sanearon drenes y depresiones en el terreno Así, la plusvalía de la zona aumentó y cada día se ven las muestras del desarrollo

En cuanto al terreno en sí, hubo de enfrentarse cierta dificultad inicial, pues por el centro del mismo pasaba un arroyo que drenaba unas 35 hectáreas de los alrededores Para evitar inundaciones y permitir el drenado de la cuenca, se construyeron canales a cielo abierto y un colector de aguas pluviales de 1 22 metros de diámetro que descarga en el cercano arroyo de Osorio Asimismo, fue preciso renivelar y mejorar las características del suelo

Obras inducidas

Por obra inducida se entiende toda aquella obra que debe ser realizada a raiz de la construcción de la Línea 2, aunque no tenga relación directa con ésta En este sentido, tenemos como principales ejemplos los sifones en los colectores, los *by-pass* en los acueductos,



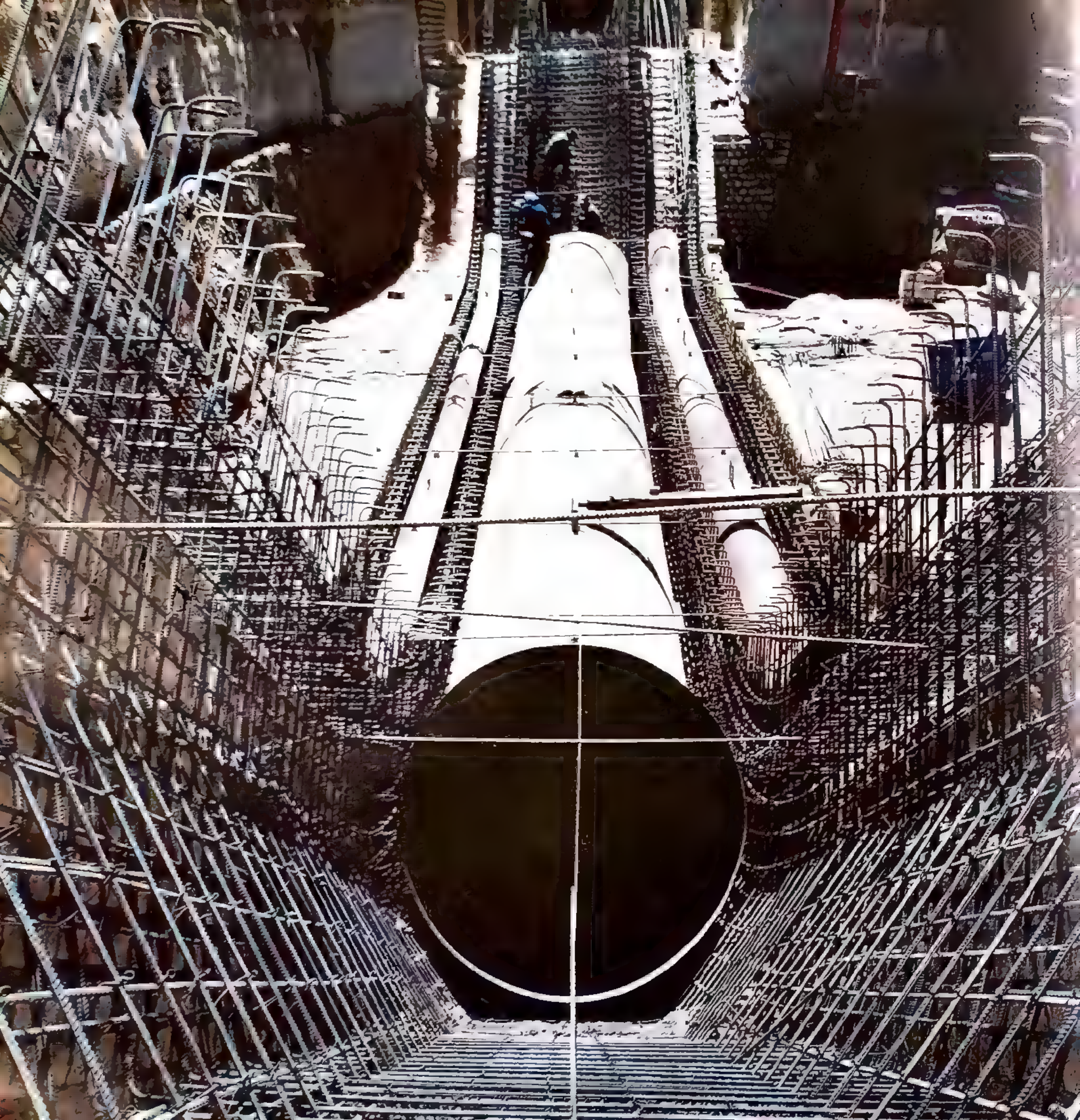


las líneas auxiliares de drenaje, agua potable, teléfono, electricidad alumbrado público y semáforos

Previo al inicio de las obras de construcción de la Línea 2, ante el gobernador del Estado firmaron un acuerdo de coordinación SIAPA, CFE, Telmex, Pemex, Ayuntamiento de Guadalajara y Línea 2, mediante el cual se reconocía la necesidad de que el túnel modificara numerosas líneas de servicio de la ciudad El acuerdo mencionado comprometía a las entidades signantes a ofrecer toda la ayuda necesaria para la afectación y posterior reparación de sus instalaciones, y a no suspender el servicio a la ciudadanía más que en los casos de estricta necesidad técnica

Especialmente por lo que toca al drenaje, la pendiente de la zona metropolitana hace que las aguas corran de sur a norte, hacia la barranca de Oblatos, por lo que numerosos colectores siguen esta misma orientación y cruzan el trazo del túnel de la Línea 2 Para situar la magnitud del problema, la Línea 1 tiene una longitud de 15 5 kilómetros, y sólo cruza 2 colectores importantes, mientras la Línea 2, con 8.5 kilómetros, cruza 11 de éstos

Para resolver la situación del cruce de colectores sólo existen dos opciones o el túnel cruza por abajo del colector, o el colector cruza por abajo del túnel. En todos los trenes subterráneos del mundo por lo general se ha optado por desviar el colector abajo del túnel, pues resulta mucho más sencillo y económico. Se logra eso mediante un sifón hidráulico invertido, que no es sino una sección del colector en forma de "U" que se construye por debajo



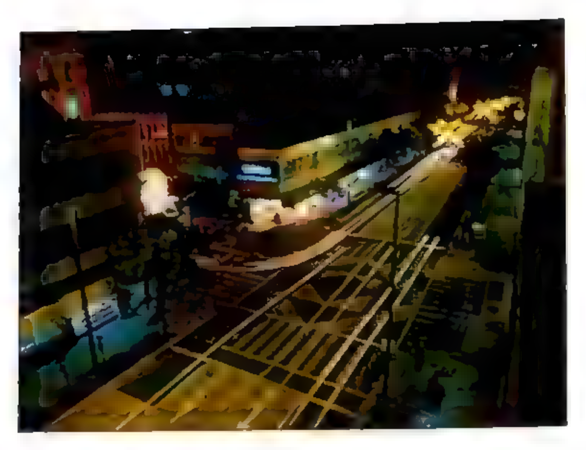


del túnel En el caso de la Línea 2, se construyeron 11 sifones para aguas negras y pluviales, y uno para aguas pluviales solamente Se encuentran en el cruce del túnel con las calles calzada Independencia (uno para el río San Juan de Dios y otro para el Colector Intermedio Oriente), Abascal y Souza, Manuel Doblado, Aquiles Serdán, Sebastián Allende, Rivas Guillén, Guelatao, Plutarco Elías Calles, Túnez, Luis M Fregoso y María Reyes Sus diámetros van desde 40 centímetros hasta 4.5 metros

En el diseño de sifones es importante considerar el comportamiento de su gasto, su nivel disponible para carga hidráulica, revisar su funcionamiento hidráulico, y dimensionar adecuadamente las cajas de entrada y salida. Adicionalmente, es importante que la velocidad del agua sea la suficiente para impedir la sedimentación de sólidos, así como dejar ductos en las cajas de entrada y salida para permitir su ventilación

En cuanto a los acueductos que surten de agua potable a la población, fue necesario construir 19 *by-pass*, o bayonetas, para desviar el flujo a presión por encima del túnel Se localizan en el cruce del túnel con las siguientes calles: Pavo, Ocampo, Degollado Mariano Jiménez, Belisario Domínguez, Esteban Loera, Alvarez del Castillo, Damián Carmona, Francisco Sarabia (3), Guelatao, Lagunitas, Demócrito, San Francisco (2), Mercedes Celis, Gigantes y Andrés Bello Sus diámetros van desde 6 hasta 36 pulgadas

En cuanto a las líneas de electricidad y teléfono, se trabajó en coordinación con los respectivos organismos responsables para



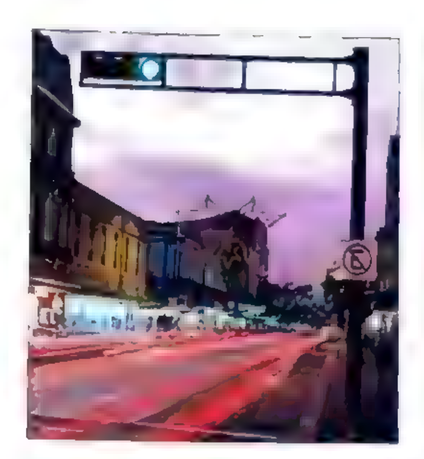
prever con toda anticipación la necesidad de ruptura de sus ductos e instalaciones, e intervenir mediante desvíos, líneas auxiliares u obras de protección sin suspender el servicio

Hay que señalar que las líneas de agua potable y drenaje que pasaban bajo la avenida Javier Mina-Juárez en sentido longitudinal, a raíz de la construcción del tunel debieron ser sustituidas por dos, una a cada lado de la calle Esto redundó en un beneficio adicional para la zona, pues las líneas de agua potable se remplazaron en su totalidad, con válvulas nuevas y adicionales a todo lo largo de la avenida

Urbanización

Conforme se avanzó en la terminación del túnel y las estaciones, se procedió a reurbanizar la calle afectada En el caso de toda la avenida Juarez-Mina, la infraestructura urbana mejoró notablemente, pues en el pasado contaba en su mayor parte con pavimento asfáltico, mismo que cada año después de las lluvias había que bachear Se colocó pavimento de concreto hidráulico, convirtiendo así todo el tramo en una vía uniforme de cuatro carriles, con capacidad para desplazar muy fluidamente el tráfico

En el caso particular del tramo entre Federalismo y la calzada Independencia, los comerciantes de la zona propusieron que de alguna manera se le diera a esa parte de la avenida un aspecto y una dignidad acordes con su calidad de centro histórico de la ciudad Se propuso entonces la pavimentación de los carriles





laterales con adoquín de concreto en blanco y negro. Con ello se logró en primer lugar un aspecto más tradicional y elegante para la calle, y también que los vehículos circulen a velocidad mas baja por los carriles laterales, permitiendo el ascenso y descenso de pasajeros. Los cruceros de la zona centro se decoraron con diversas formas geométricas que integran los colores del adoquín, lo que contribuye a la estética urbana.

Se plantaron setos en todas las banquetas y se uniformaron estas para dar un aspecto más amable a la calle, y ordenar de mejor manera y con mayor seguridad el tráfico peatonal por las esquinas.

En cuanto a las tres estaciones que se ubican en la zona centro, como son Juárez, plaza Universidad y San Juan de Dios, las tres fueron objeto de un tratamiento arquitectonico especial para hacerlas dignas de los espacios eminentemente tradicionales y bellos en que se ubican. Como ya se mencionó, la estación Juarez aprovecha el hecho de encontrarse rodeada de vegetación para lograr que el pasajero sienta la presencia del jardín desde el anden mismo.

En parte como compensación por las afectaciones de que fue objeto el parque de la Revolucion, y en parte por el compromiso de mejorar ese importante pulmón de la zona centro, se reforestó y se le restituyó el aspecto original del proyecto del arquitecto Luis Barragan. Así pues, se plantaron 264 árboles nuevos, pasto nuevo e infinidad de plantas, se cambió el piso por uno de cemento pulido rojo, se instalaron luminarias nuevas y eficientes, con el diseño original de los





hermanos Luis y Juan José Barragán se reconstruyeron todas las bancas exactamente como fueron alguna vez, y se repusieron la sombrilla y el foro de música que diseñaran los ingenieros tapatíos en los años treinta

Finalmente, para mejorar el equipamiento del parque se construyo una cisterna para el agua del riego, un cuarto de bombas con equipo nuevo, un equipo de riego automático y se rehabilitaron las fuentes

Por lo que toca a la estación plaza Universidad, ésta se ubica en la plaza del mismo nombre y se halla rodeada por algunos de los edificios de mayor valor arquitectonico y antiguedad de Guadalajara Por ello se decidió que la opción era hacer las entradas a la estación lo más discretas posible, así, a nivel de la calle solo pueden verse unos hermosos pasamanos de hierro forjado, que protegen la entrada a la estación.

La estación San Juan de Dios se localiza en la plaza ubicada frente al mercado Libertad El proyecto del acceso norte es diseño del arquitecto Alejandro Zohn, quien tambien construyera el mercado, y pretende formar un todo armonico con el conjunto cuyo centro es el mercado. Dada su magnitud, la limpieza de sus instalaciones y sus caracteristicas, la estacion será una especie de ejemplo vivo de la nueva imagen de una zona conocida, en un tiempo, por su deterioro

Aprovechando la construcción del tunel y de los sifones para los colectores Intermedio Oriente y San Juan de Dios, se construyo un



viaducto vehicular. Por instrucciones expresas del gobernador, tendientes a aprovechar la excavación que se realizaba, se dotó a la avenida Javier Mina de un cruce subterráneo para autos bajo la Calzada Independencia, que ha venido a aliviar en gran medida la congestión de tráfico en ese importante crucero. Sólo fue necesario desviar un poco el trazo del túnel para hacer espacio al viaducto, por el que actualmente pasa más de 80% del tráfico que recorre Javier Mina hacia el poniente; el 20% restante da vuelta a la izquierda o derecha en la calzada Independencia.

En cuanto a la avenida Javier Mina, presenta actualmente una urbanización de primera, con concreto hidráulico en 4 carriles, iluminación por vapor de sodio en toda su extensión, alambrado oculto, semaforización computarizada y los accesos a las estaciones de la Línea 2 del Tren Eléctrico Urbano. Ello ha revalorado las fincas aledañas y la zona de influencia de la avenida.

El trazo de la avenida Javier Mina era irregular, se interrumpía, y en ocasiones se convertía en una estrecha callejuela de terracería. Con el fin de permitir al túnel la continuidad y el trazo que requiere para su funcionamiento óptimo, fue necesario comprar algunas fincas, lo que se aprovechó para dar a la avenida un ancho uniforme y un trazo lo más recto posible. Así se constituyó finalmente un eje vial que vincula la zona oriente de la ciudad con su centro histórico, donde sigue vigente la mayor actividad comercial, cultural e institucional de la zona metropolitana de Guadalajara.



Impacto de las obras en la sociedad

Una obra de la magnitud de la Línea 2 no puede pasar desapercibida para la ciudadanía, en especial cuando implica afectar el centro de la ciudad y un eje vial muy importante. Sin embargo, es posible minimizar las molestias y reducir el tiempo de obra mediante una planeación rigurosa. En especial, supone nunca suspender todos los servicios al mismo tiempo, o cerrar todos los cruceros, sino siempre ofrecer al ciudadano alternativas de paso o de abastecimiento

También supone no gravar más al contribuyente con impuestos de plusvalía pagaderos a largo plazo Aunque ha sido costumbre en nuestra ciudad que las obras las paguen los vecinos propietarios de las fincas aledañas, en este caso se decidió financiar el proyecto mediante otros mecanismos. De ese modo, los beneficiarios directos de la remozada avenida Juárez-Mina no pagarán por las obras, pues el espectro de influencia de la Línea 2 es indirectamente mucho más amplio.

Para construir el tramo de túnel de Javier Mina se operaba por frentes de trabajo, cuya misión era realizar la excavación en una longitud no mayor a 3 cuadradas, colar la losa de techo, rellenar, pavimentar y abrir el tramo lo antes posible, lo que resultaba de mucha utilidad pues la calle una vez abierta se podía usar como estacionamiento En el tramo Juárez, donde se trabajó con pilotes estructurales, el retiro de la tierra excavada por dentro del túnel permitía un restablecimiento de la circulación aún más rápido. En

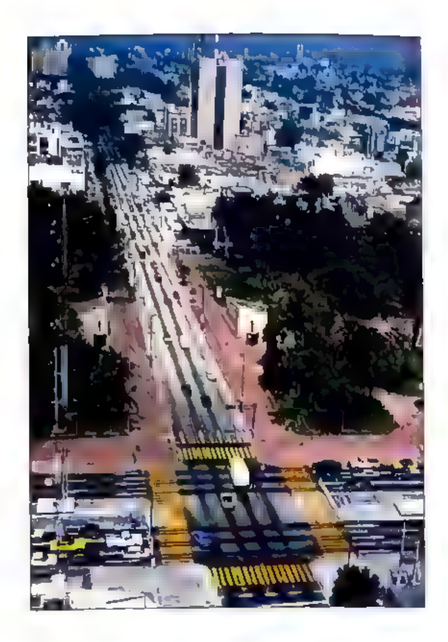




especial, los cruceros recibieron toda la atención para prevenir serios problemas viales Con ayuda de puentes vehiculares y peatonales se lograba que, incluso cuando la excavación cercenaba la calles, los vehículos y personas pudieran seguir pasando

En cuanto al servicio de agua potable, la norma fue cortar las líneas de abasto en día de fiesta, y antes de hacerlo asegurarse que las casas ya estuvieran conectadas a líneas provisionales, por lo que en la mayoría de los casos el habitante ni siquiera se dio cuenta de cuándo se realizaron los cortes En los pocos casos en que tuvo que interrumpirse el abasto por un cierto periodo de tiempo, se previó el evento con toda la anticipación y se colocaron pipas en la zona para surtir a los domicilios que lo solicitaran En el caso particular de tres acueductos de alta presión que surten una gran parte de la ciudad, con aproximadamente 33% de la población de la zona metropolitana, se procedió primero a llenar de agua una sección del túnel recién construido, para utilizarlo como cisterna desde la cual abastecer con pipas miles de domicilios Para evitar la confusión, se hicieron anuncios en diversos medios y, cuando ya era inminente el corte, se repartieron volantes casa por casa para que los jefes de familia supieran a qué teléfonos llamar para solicitar el servicio de pipas.

El reparto de gas L.P. normalmente se hace mediante pipas que llegan hasta los domicilios. A causa de las calles cerradas les era imposible acceder hasta los sitios de descarga. Para que las casas y comercios –entre ellos los puestos de comida del mercado Corona– no



sufrieran desabasto, se acondicionó una pipa de gas L.P. con manguera especial de largo doble, que podía estacionarse en calles transversales aledañas y desde ahí surtir a las tomas normales, o a tomas modificadas exprofeso

La recolección de basura por parte del Ayuntamiento se vio disminuida a causa de las calles cerradas y el aumento en el polvo ambiental. Por ello se apoyaron decididamente las labores normales del personal municipal con cuadrillas y equipo extra, por lo que la zona nunca presentó acumulaciones de basura domiciliaria. Por lo que toca a la limpieza de la obra en sí, se estableció un equipo de seguridad industrial que permanentemente recorrió las zonas de trabajo y aledañas, para descubrir cualquier causa de un posible accidente. De esta forma, el equipo en cuestión reportaba continuamente la existencia de desechos de construcción que podían significar algún riesgo para el ciudadano o el trabajador, como pueden ser tablas con clavos y varillas retorcidas, o bien excavaciones sin protección o señalamiento, etcétera

En el caso de las 176 afectaciones a fincas particulares, indispensables para reformar el trazo del túnel o para dar cabida a las estaciones, que por necesidad son más anchas que el túnel, se procedió a adquirir el terreno necesario a precios comerciales, por lo que los dueños nunca se sintieron afectados más allá de lo razonable

Para que la atención a quejas ciudadanas no obstaculizara la celeridad con que debían realizarse las obras, se instituyó dentro del



organigrama de la Línea 2 una coordinación de atención al público, responsable de dar pronta respuesta a todas y cada una de las inconformidades que presentaron los habitantes de la zona afectada

En el caso particular de los comerciantes de los tradicionales subterráneos, que se ubicaban en el cruce de Juárez con 16 de septiembre, el Gobierno del Estado negoció en forma tripartita con ellos y el Ayuntamiento una indemnización satisfactoria, su reubicación provisional a un espacio abierto junto a la iglesia de Aranzazú, y definitiva a la plaza Guadalajara

La coordinación de atención al publico también tuvo por cometido la indispensable tarea de informar a la población sobre los avances de la obra. Llevó a cabo diversas campañas informativas, organizó visitas de universitarios y escolares a las obras y condujo diversos grupos de funcionarios nacionales y extranjeros, relacionados con el transporte público, interesados en el proyecto

Para evitar accidentes de tránsito ocasionados por los desvíos y restricciones impuestas a las calles, se integró una comisión conjunta con la Secretaria de Vialidad y Transporte. Los trabajos de las arterias más congestionadas se programaban entre las 11 de la noche y las 6 de la mañana. De ese modo, los indispensables desvíos fueron siempre escalonados para no afectar zonas demasiado grandes o de intensa circulación simultáneamente, y nunca se escatimaron esfuerzos para establecer una señalización vial





suficiente y perfectamente visible, e incluso luminosa durante la noche

VÍAS

En la infraestructura de la vía se decidió utilizar componentes iguales a los usados en la Línea 1, que por lo mismo garantizan una completa compatibilidad entre ambas líneas. se construyó por lo tanto una vía doblemente elástica Esta elasticidad asegura una mayor suavidad en el rodamiento de los trenes, una mayor comodidad para el usuario y una duración más prolongada del equipo rodante. Para lograr esa doble elasticidad, los rieles descansan sobre los durmientes mediante una placa de hule neopreno, material plástico muy resistente, a los que se une mediante grapas que funcionan como muelle dependiendo de la carga. La estructura formada por riel y durmiente se apoya sobre una capa de balasto, o piedra triturada, que distribuye las cargas y amortigua la transmisión de vibraciones

A medida que se terminaban de construir los tramos del túnel, se comenzó la introducción de materiales de vía, consistentes en balasto, durmientes y rieles, que eran almacenados en uno de los lados, mientras el otro funcionaba como acceso Posteriormente se distribuyeron los materiales en ambos lados del túnel: los durmientes, de 270 kilos cada uno, quedaron colocados con una separación de 72 centímetros. Enseguida se tendieron los rieles y se procedió al prearmado de la vía, que consiste en una sujeción previa



de los rieles a los durmientes sin soldadura, alineación o nivelación. Los rieles fueron importados de Sidney, Canadá, y tienen una longitud de 12 metros, con un peso de 115 libras por yarda, o 52 kilos por metro.

Posteriormente, se procedió a soldar un riel con otro por fusión eléctrica. Este trabajo se realiza con una máquina soldadora especial marca Holland, utilizada en esta ocasión por primera vez en Guadalajara. Se desliza por los rieles sobre un camión adaptado al efecto. En las juntas previamente lijadas, la máquina une los rieles con una presión de 8 toneladas y emite una descarga eléctrica de 4 mil amperes, con lo que la junta llega a la temperatura de fusión del riel, es decir 1,200 grados centígrados. Por eso se dice que los rieles están *fundidos* uno con otro, más que soldados, y que forman una sola unidad de 9.6 kilómetros de largo. Una vez enfriada la soldadura, se esmerila hasta que desaparece todo rastro y la superficie queda perfectamente lisa.

Como control de calidad se verifican las soldaduras, especialmente en la parte superior del riel, que entra en contacto con las ruedas del tren. Es importante que ésta no pierda su forma de hongo en sección transversal, y que no presente curvaturas.

Finalmente se procede a la fijación definitiva de los rieles, para su alineación y nivelación establecida en el proyecto. Para ello se recurre a una máquina calzadora Tamper Mark I que, tramo a tramo, mide por medio de un rayo infrarrojo la posición de cada sección de riel. Una vez detectados los cambios en altura que deben realizarse,



por medio de unos brazos mecánicos alza la estructura formada por durmientes y riel sobre el balasto hasta colocarlos en su sitio preciso, con una tolerancia de milímetros. Posteriormente puede colocarse sobre los durmientes una última capa delgada de balasto que los fija en su sitio con mayor solidez. Se estima que la operación de calzado de la vía tendrá que hacerse de nuevo dentro de unos diez años, aproximadamente.

Para darnos una idea de lo que significó el esfuerzo de construcción de la vía, podemos decir que se utilizaron 4,040 rieles de doce metros de largo con un peso total de 2,742 toneladas, se colocaron 34,400 piezas de durmiente de concreto; se extendieron 42,500 metros cúbicos de balasto, se realizaron 3,950 soldaduras de riel, se colocaron 2,000 piezas de durmiente de madera en vías auxiliares y 1,750 piezas de durmiente de encino africano en cambiavías, se instalaron 50 cambiavías fabricados en Alemania, 137,600 juegos de fijación de vía y 68,800 placas de hule tipo neopreno.

La selección del material fue una parte importante en la construcción de la vía. Adquirir el material supone un riguroso control de calidad, para estar seguros de que la vía tendrá la duración esperada, podrá soportar la velocidad del tren cargado, no contribuirá al desgaste anticipado del material rodante, y será capaz de acomodarse a cargas mucho mayores cuando los niveles de operación del sistema lo requieran.





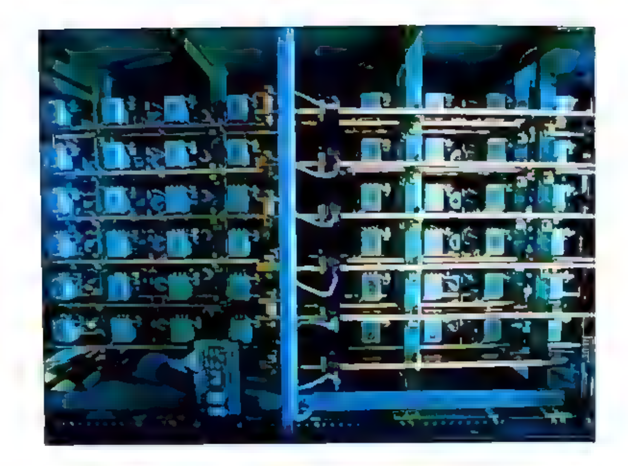
Los durmientes de concreto de patente alemana, tipo B-58, son los mismos que utiliza Ferrocarriles Nacionales, por lo que en su fabricación y colocación existe mucha experiencia. Aún así, se supervisó en la planta su producción, tanto por parte del propio fabricante como por parte del contratista de fijación de la vía, quien deseaba estar seguro de entregar un trabajo dentro de las normas

En cuanto al balasto, no fue fácil encontrar un proveedor adecuado, pues los bancos de materiales aledaños están restringidos. Así pues, se buscó un proveedor que pudiera cumplir las especificaciones requeridas, tanto en diámetro de partículas como en contenido de polvos. Finalmente, hubo que brindar asesoría a los bancos de materiales para que pudieran cumplir con los tiempos y calidades exigidos por la obra

SISTEMA ELÉCTRICO

CATENARIA

La energía que consumen los trenes para su desplazamiento, de 750 voltios corriente directa, les es suministrada mediante cables de cobre en contacto con el bastón o pantógrafo del tren. La configuración de cables y soportes recibe el nombre de catenaria, seguramente por la curva que forman los cables entre sus puntos de sustentación

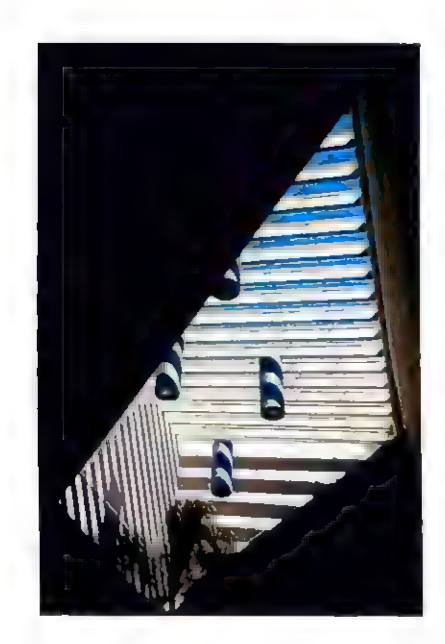


La catenaria está compuesta de diversos soportes, en su mayoría fijos al techo Corren a través de un unicanal que les permite su fácil instalación y el ajuste horizontal requerido por el montaje en zig zag del cable de contacto, aspecto indispensable para que el desgaste de los elementos de contacto del pantógrafo, denominados carbones. sea uniforme

Cada soporte tiene elementos de ajuste y amortiguación vertical, tanto para su nivelación como para amortiguar las presiones transmitidas por el pantógrafo Asimismo las barras que sustentan el cable son de un material aislante y cada soporte sujeto al unicanal está conectado, por seguridad, a un sistema de tierra que se encuentra a ambos lados del túnel En lugares donde existen curvas se utilizan soportes especiales con diferentes articulaciones, que les permiten ajustarse a la geometría de la vía

El sistema de catenaria tiene cables de alimentación de cobre sujetos mediante aisladores cerámicos a la parte central del techo del tunel existe la capacidad para recibir en el futuro cables de refuerzo, cuando la demanda de transporte se incremente y consecuentemente el consumo eléctrico

Los cables de cobre de contacto están tensados, por tramos, mediante un sistema de poleas y contrapesos que mantienen un estiramiento uniforme, no obstante los cambios de temperatura que se presenten



En el montaje de la catenaria se aplicaron soluciones singulares como en los extremos de maniobras y la vía de enlace, especialmente en el tunel poniente junto a la estación Juárez. Ahí, la altura del techo del túnel llega a los 16 metros, pues tiene que pasar por abajo de la Línea 1 y mantener la misma profundidad en la zona de maniobras y estacionamiento. Asimismo, en la base de mantenimiento se utilizó un sistema de soporte con postes y ménsulas, distribuidos en los más de 5 km de vías existentes.

Catenaria y vía son dos elementos estrechamente ligados, ya que uno se desarrolla y construye paralelamente al otro, y de hecho en la práctica el montaje depende de la previa terminación de la vía, a partir de la cual se toman todas las referencias físicas de apoyo para el alineamiento y nivelación definitivos.

Suministro de energía eléctrica

Todo el sistema eléctrico está construido con la filosofía de la redundancia, es decir, que si un circuito falla siempre existe otro de reserva que puede sustituirlo para asegurar el servicio.

Desde una subestación de 69,000 voltios de Comisión Federal de Electricidad, localizada a 500 metros de la estación Cristóbal de Oñate, el sistema recibe la energía eléctrica por medio de una subestación propia. De 69,000 voltios es transformada en 23,000 voltios, que se distribuyen por la Línea 2 en dos anillos de cable a lo largo de un ducto eléctrico, para abastecer 6 subestaciones de



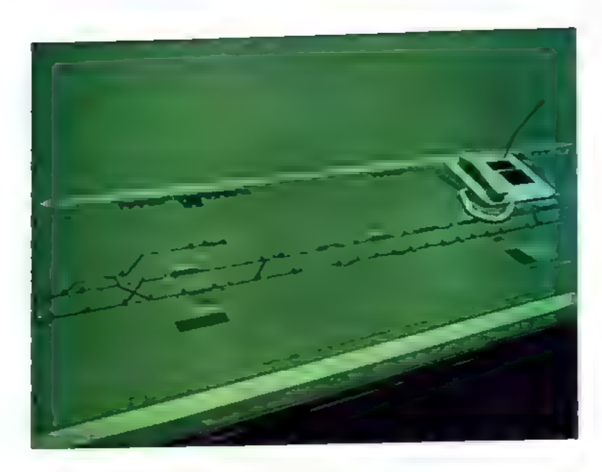


tracción para los trenes y 11 subestaciones para los servicios propios de las estaciones de pasajeros, el túnel y la base de mantenimiento En estas subestaciones se transforma la energía a 750 voltios corriente directa y 127-220 voltios corriente alterna respectivamente Cada una cuenta con sus celdas de distribución, transformadores y tableros de baja tensión Por medio de un sistema de transmisión de datos integrado al sistema de telecomunicaciones se envía información al puesto central de control ubicado en la estación Juárez, desde donde se pueden operar los interruptores de cada subestación, así como cuchillas de enlace de la catenaria, para el caso de que alguna subestación de tracción quede fuera de servicio

Cada estación de pasajeros, así como la base de mantenimiento, cuentan con una planta de emergencia para abastecer en caso de falla los servicios propios, tales como iluminación de emergencia y sistemas de bombeo de cárcamos, señalización y comunicación

En la base de mantenimiento se tienen 2 subestaciones, una de ellas sirve para alimentar la catenaria y otra para suministrar energía a los talleres, almacén, cuartos técnicos, torre de control, oficinas y áreas exteriores. Proporciona energía en 127, 220 y 440 voltios, según lo requieren los diferentes equipos de mantenimiento

El sistema de suministro alimenta también las subestaciones de la Línea 1, en su tramo subterráneo, con lo que el suministro para ambas líneas es más seguro



Sistema de señalización y control de tráfico

El sistema de señalización y control de tráfico tiene como función básica el control y supervisión del tráfico de los trenes. Coordina todas las operaciones interactivas entre los trenes y dispositivos de señalización fijos en la vía, que resultan del paso de los trenes.

Desde un puesto central de control (PCC), ubicado en la estación Juárez, es posible conocer la localización de los trenes, así como la posición de los cambiavías y el estado de las señales utilizadas como elementos de protección y regulación del tráfico. En una consola se visualiza y controla la operación, mediante señales luminosas y pulsadores que pueden ser utilizados desde un control manual durante situaciones de emergencia y maniobras normales de servicio. Es decir, reacciona a las variaciones en el número de trenes acoplados durante las horas punta y valle, en circunstancias de falla en algún subsistema de la línea o del propio equipo rodante, o en requerimientos del mantenimiento constante que se realiza a los trenes y a la línea fuera de las horas de servicio al público.

Los aparatos de cambio de vía, o cambiavías, son accionados por motores eléctricos, que son telemandados desde el PCC en coordinación con los otros puestos de control local (PCL), localizados en las estaciones Oblatos y Tetlán. El PCC supervisa si el movimiento se realizó en su totalidad y si el cerrojo correspondiente accionó, de no ser así, de inmediato se envía una señal a la estación más cercana, desde donde se puede trasladar un técnico a operar el cambiavías manualmente.



En forma sucinta, el sistema de señalización y control funciona mediante la interacción del paso del tren con dispositivos fijos en la vía que detectan y comprueban con alta seguridad y precisión, el tránsito de trenes a lo largo de la línea. Con ello se generan señales que son transmitidas al PCC para vigilar la posición y frecuencia de paso entre trenes, y así poder mantener las distancias normales de seguridad. Comprende los siguientes elementos:

1. Accionamiento y comprobación de agujas de cambiavías (verificación de la posición del cambio).

2. Circuitos de vía (verificación de la localización del tren).

3. Sensores de rueda (detección del paso del tren y control de velocidad).

4. Semáforos o señales de túnel (indican al conductor si puede seguir o no).

5. Paratren magnético (interactúan con otro paratren localizado bajo el convoy para activar el freno de emergencia).

Por su parte, los puestos locales de control (PLC) están localizados en las estaciones Juárez, Oblatos, Tetlán y base de mantenimiento. Los tres primeros están bajo la coordinación del puesto central de control y tienen las mismas funciones de la mesa de mando del PCC, pero limitadas a un tramo de la línea. Es decir





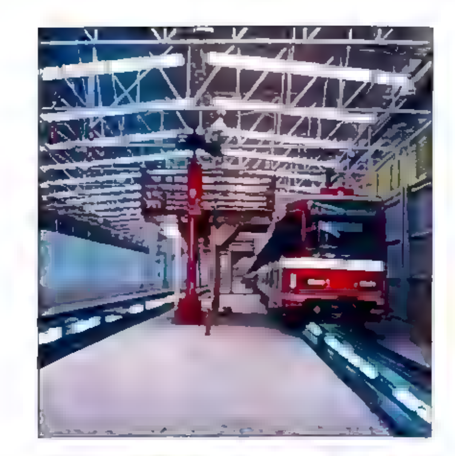
1 Mediante los circuitos de vía, instalados cada 600 metros, se sabe si ese tramo está ocupado por un tren Se puede así coordinar los semáforos, y dar señal verde al tren que viene detrás si el tramo siguiente está libre

2 Impide el movimiento de un cambiavías si el tren no ha parado por completo

3. Si un tren pasa por un punto de supervisión con exceso de velocidad, o se pasa un semáforo en rojo, acciona el paratren magnético de la vía y los frenos de emergencia del tren

Cada PLC tiene mesa de mando, por lo que se podría controlar parcialmente su tramo en caso de alguna falla Un técnico puede desplazarse al lugar y operar el puesto sin mayor problema, aunque normalmente no habrá personal en los PLC

El puesto de control de la base de mantenimiento vigila el tráfico de los trenes a través de la mesa de mando Desde ahí, libera rutas y telemanda los 25 cambiavías, según los programas de mantenimiento establecidos. Este puesto no se coordina con el PCC de Juárez, pero sí mantiene comunicación. Todos los puestos locales de control y el PCC tienen un suministro de energía ininterrumpido, ya que cuentan con el apoyo del UPS (banco de bate- rías) y son capaces de detectar, con auxilio de un sistema de radiofrecuencia sobre el riel, fallas o vandalismo en las vías, previniendo choques o descarrilamientos de trenes. Asimismo, supervisan la función de los filamentos de los focos de los







semáforos, para avisar cuando se han fundido y señalar el funcionamiento de los filamentos de repuesto

SISTEMA DE COMUNICACIÓN Y TELEMANDO

RED DE TRANSMISIÓN DE SEÑALES Y DATOS OTN

El sistema de comunicación está basado en una red combinada de servicios de telefonía y transmisión de datos denominada OTN (Open Transport Network) El sistema está formado por un anillo doble de cable de fibra óptica en rotación contraria Esto significa que la luz viaja en dirección contraria entre dos anillos, lo cual ofrece un alto grado de redundancia, al tener 2 caminos y 2 direcciones de transmisión de señales y datos

Los anillos de fibra óptica conectan nodos o interfases localizadas en cada estación de pasajeros y en la base de mantenimiento Esto permite que, en caso de falla, con gran facilidad se pueda mantener la transmisión, ya que en los nodos se establecen otros caminos mientras se repara la falla, que pudiera ser un cable dañado

La red cuenta con su central de control (NCC) ubicada en el PCC de la estación Juárez, desde la cual se puede tener acceso a cualquier nodo y determinar el mantenimiento de la red a través del diagnóstico de fallas Esta central está conectada al nodo de la



estación Juárez Su equipo básico es una computadora con las siguientes funciones

- Control de la base de datos de la red manteniendo la información de los nodos, las tarjetas de interfase y las conexiones al usuario
- Asignación de anchos de banda disponible (bits)
- Asignación de las direcciones del nodo y de interfases
- Activación y desactivación de tarjetas y usuarios
- Mensajes de alarma con representación gráfica del lugar de falla sobre la pantalla, y grabación en disco o impresora

Aplicaciones de la red OTN

En general, el sistema OTN es capaz de satisfacer casi todos lo requerimientos de transmisión de voz y datos, por lo que la comunicación entre el PCC de la estación Juárez, las demás estaciones, el túnel y la base de mantenimiento son canalizadas por dicha red. Así, las características de los canales de interfase se determinan por medio de tarjetas removibles, y la programación por medio de la central de control (NCC). Los datos son almacenados en la memoria de los nodos para garantizar la secuencia de arranque de la red en caso de falla en la misma

El sistema será fácil de ampliar en el futuro, mediante tarjetas adicionales de nodos en el sistema





La red OTN integra y transmite las señales y datos provenientes de los sistemas que a continuación se describen

- Sistema telefonico (PABX) Permite la comunicación de voz a todo lo largo de la linea 2 utilizando el cable de fibra optica A su vez utiliza una red de cable de telecomunicación para la conexión de los telefonos instalados En las estaciones y base de mantenimiento existe una central telefonica (PABX) que canaliza las lineas troncales externas de Telefonos de Mexico a traves de la red, en interfase con un nodo OTN, para distribuir selectivamente la señal en la configuración telefónica instalada.

La interfase con el sistema de teléfonos analogicos se realiza mediante una conexión con una tarjeta analógica de voz del nodo OTN

La transmisión en interfases con el sistema de telefonos digitales *hot line*, localizados en el PCC, salas de jefe de estación y base de mantenimiento, se logra a través de una tarjeta digital de voz en el nodo OTN

- Sistema de telemando SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) Se integra a la red con la conexión de una unidad terminal de telemando denominada Sinaut, consistente en una computadora que permite la entrada de datos y señales del estado de alarmas y sistema electrico mediante textos y diodos luminosos Estas unidades están en las subestaciones de tracción en la subestación principal de 69 a 23 kv y en cada estación de pasajeros El sistema SCADA es utilizado para el monitoreo de las fuentes de suministro eléctrico y las señales de alarma en las estaciones de pasajeros Estas alarmas son



- Alarma en caso de falla del sistema contraincendio Para cada estación de pasajeros, así como para la subestación principal 69/23 Kv, se tiene un sistema de alarma contra incendios formado por un equipo central de alarma dispositivos detectores o emisores de alarma (automáticos o manuales) repartidos convenientemente, así como equipo para la señalización acustica y visual de alarma por incendio Los detectores son para humos e ionización y se encuentran en zonas de entrada y locales de servicio
- Alarma de señales de falla de interruptores
- Alarma de falla del sistema de radio
- Alarma general
- Alarma central del sistema de altavoces, de cada estación
- Alarma del sistema de señalización

El sistema SCADA mantiene una visión global de las instalaciones telemandables y registra fallas oportunamente, antes de que se perturben los servicios. Por lo que se refiere al sistema eléctrico, a través de un equipo denominado Simatic, que es un componente de control programable de aplicación universal basado en microprocesadores, se envían y reciben avisos y se transmiten órdenes a distancia desde el puesto central de control, para activar la apertura o cierre de los interruptores, tanto en la estación principal de 69/23 Kv como en las subestaciones de tracción En las subestaciones de pasajeros es posible abrir las cuchillas y detectar fallas de disparos o fusibles dañados



La transmisión de mandos y telegramas de señalización se realiza mediante equipos de transmisión de audiofrecuencia, instalados en la central Juárez y en las subestaciones, permitiendo el aprovechamiento múltiple de los cables de telecomunicación

El telemando llega hasta las subestaciones de la base de mantenimiento, utilizando componentes semejantes a los descritos

Como parte del sistema SCADA se tiene en el PCC de la estacion Juárez una computadora que lleva el registro automático de los eventos

- Los sistemas de altavoces de cada estación de pasajeros y de la base de mantenimiento se integran a la red OTN mediante tarjetas de interfase a la unidad de telemando (Sinaut), y ésta a su vez al nodo OTN Con esta configuración se podrán enviar señales de voz desde el puesto central de control de la estación Juárez hacia las estaciones de pasajeros o la base de mantenimiento en forma selectiva o general

El sistema está compuesto por centrales con amplificadores en cada estación, así como micrófono para el jefe de estación, red de cables y altavoces. Los niveles de voceo se adaptan automáticamente a los niveles del sonido ambiental que predomina en un momento dado, a fin de tener un nivel de sonido siempre adecuado

- Sistema de relojes en estaciones y base de mantenimiento Está constituido por un reloj "maestro" con central montada en la base de mantenimiento para





recibir los impulsos de la transmisora de hora de Dakota del Norte, Estados Unidos

Cada estación tiene su central y sus relojes fijos en el techo, con doble cara y luminosos

La transmisión de impulsos del reloj "maestro" a los relojes de las estaciones y base de mantenimiento se efectúa a través del cable de fibra óptica, con elementos de interfase al sistema de transmisión OTN

- El sistema de radio se configura en el tunel a través de antenas omnidireccionales convencionales y cables coaxiales radiantes instalados en toda la trayectoria de la línea Permite la comunicacion entre trenes y estaciones, y enlaza directamente los puestos base del sistema, localizados en las estaciones Juárez, San Juan de Dios. Oblatos, San Andres y La Aurora. La interconexión entre los puestos base y el puesto central de control de la estación Juarez y la base de mantenimiento se logra a través del cable de fibra optica en interfase con los nodos OTN. El sistema tiene canales de comunicación en nodo semiduplex, disponibles en el rango de frecuencia UHF o VHF, la operación inicial cuenta con cinco canales para la base de mantenimiento, Linea 1, Línea 2, emergencias de mantenimiento, y dos canales como reserva futura

Se tienen tres unidades de control y mando, dos en la estación Juárez para la línea del tren y el area de mantenimiento, y el tercero en la base de mantenimiento. Asimismo, se cuenta con cinco puestos de radio fijos en cinco estaciones, además de los puestos



móviles instalados en los trenes y los radios portátiles para personal de operación y mantenimiento

El sistema está complementado con un equipo de grabación de conversaciones que podrá registrar, con fecha y hora exacta, todas las comunicaciones que se den entre trenes, estaciones y PCC

MATERIAL RODANTE

La selección del material rodante para la Línea 2 estuvo fuertemente influido por la necesidad de que fuera compatible con el de la Línea 1. La compatibilidad que se deseaba se relaciona, en primer lugar, con la operación. Los trenes adquiridos hace seis años, así como los nuevos, deben ser capaces de utilizar las vías tanto de la Línea 1 como de la Línea 2, y deben poder recibir servicio en los mismos talleres. Aunque existen diversos proveedores en el mundo de equipo para metro ligero, la elección hecha para la Línea 1 fue acertada, pues el equipo ha demostrado una gran durabilidad y eficiencia

Por ello se decidió adquirir trenes similares a los que ya funcionaban en la Línea 1, aunque con las mejoras y modificaciones lógicas que da la técnica con el paso del tiempo. Se compraron 32 trenes, 28 para uso en la Línea 2, y 4 para la Línea 1. Se asignó su construcción a la empresa Bombardier-Concarril, de Ciudad Sahagún, Hidalgo, que cuenta con una amplia experiencia en la construcción



tanto de carros de ferrocarril como de vagones para el Metro de la ciudad de México.

Características

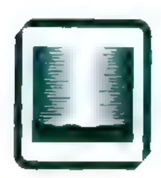
Los trenes se componen de 2 cajas acopladas entre sí mediante una articulación montada sobre un *boogie* remolque que permite la libre comunicación entre cajas y, sobre todo, un gran radio de giro. En cada extremo del tren existe una cabina de conducción y, debajo de la cabina, un motor montado sobre un *boogie* de tracción. Los *boogies* son estructuras rodantes sobre los que descansa el vehículo, formadas por 2 ejes y cuatro ruedas férreas.

El piso metálico del interior del vehículo está aislado de los pasajeros mediante una tarima de madera tratada, que a su vez se halla protegida por loseta de hule. Ello proporciona un total aislamiento a los pasajeros, además de que disminuye las vibraciones.

Los trenes miden aproximadamente 30 metros de largo, 2.6 m de ancho y 3.37 m de altura. Con el pantógrafo en operación, el tren mide 4.3 m de altura. Las 6 puertas tienen un claro de 1.3 m, y los *boogies* una distancia entre ejes de 10.3 m. El diámetro de las ruedas nuevas es de 74 cm, y pueden llegar a desgastarse hasta 66 cm. El ancho de la vía debe ser de 1.435 m.

Los trenes pueden superar pendientes no mayores a 6% y pesan vacíos, 40 toneladas. Contienen 50 asientos y pueden transportar





300 pasajeros, aunque en casos de necesidad pueden subir hasta 360 sin menoscabo del servicio. Contienen 3 circuitos eléctricos, uno de 750 voltios corriente directa para alimentación de los motores de tracción, uno de tensión y frecuencia variable en corriente alterna para la operación del aire comprimido y la ventilación, y otro de 24 voltios corriente directa para iluminación y operación de los sistemas de control. Esta corriente es transformada a partir de una tensión de 750 voltios de corriente directa, suministrada a través de la catenaria por el sistema de energía de la Línea.

Las ruedas metalicas contienen un material elástico, que disminuye las vibraciones y en su caso el ruido de algun golpeteo sobre la superficie de los rieles. Para reducir el desgaste de las ruedas existen los llamados lubricadores de pestaña, que a intervalos regulares depositan gotas de un aceite especial para lubricar el contacto de la rueda con el riel. Para proteger aun mas las ruedas, que son elementos delicados, existe también un sistema antipatinamiento que, en caso de un frenaje excesivo, impide que la rueda se deslice bloqueada sobre el riel. Ello ocasionaría su achatamiento e inutilizacion.

Tracción

La velocidad máxima de operación de los trenes es de 80 km/h, y su velocidad comercial de 35 km/h, gracias a la tracción que brindan sus 2 motores de 268 Kw. La aceleración y desaceleración



del tren cargado al 75% es de 1 metro por segundo al cuadrado La desaceleración de emergencia es de 1 8 metros por segundo al cuadrado

Suspensión

La suspensión de los vehículos es de dos tipos primaria y secundaria La primaria es mediante chevrones, que son elementos elásticos alojados sobre el rodamiento La secundaria es mediante bolsas de aire inflables automáticamente Una serie de sensores supervisan la carga total del tren y determinan el inflado ideal de las bolsas de aire de la suspensión. La suspensión neumática es muy suave, por lo que proporciona al usuario un servicio muy cómodo y mayor duración al equipo Otra función que cumple la suspensión neumática es mantener la caja siempre a la misma altura, independientemente de la carga Esto es importante, porque de otro modo el tren podría llegar a una estación con una altura diferente a la del andén y provocar accidentes o molestias a los pasajeros

Frenado

La acción de frenado es crítica en el caso de todos los trenes Ya que el tren no puede esquivar obstáculos, su principal medida de seguridad es el sistema de frenado Por ello los trenes de la Línea 2 cuentan con tres sistemas independientes de frenado El primero de





ellos es el frenado eléctrico, que es el que utiliza normalmente y tiene la ventaja de ahorrar energía. Opera de dos modos: (1) cuando el conductor inicia la acción de frenado, los motores se invierten convirtiéndose en generadores de electricidad. Al generar energía ejercen una resistencia mecánica sobre las ruedas, con lo que el tren frena. La energía que se genera durante el frenado se envía por medio del pantógrafo a la catenaria. Si, como es normal, existe un segundo tren en la siguiente estación que esté arrancando, ese tren utilizará para adquirir velocidad la energía generada por el tren que viene detrás en su frenado. De no ser así, y no existe un tren cerca que la pueda utilizar, (2) esa energía es enviada por el tren que la genera a unos disipadores de calor especiales. El sistema de frenado eléctrico puede disminuir la velocidad de un tren desde 80 km/h hasta 8 km/h, cargado al 75% de su capacidad.

El frenado neumático, por medio de discos en cada eje, opera en conjunto con el freno eléctrico, si la carga es mucha o para terminar de detener el tren. Los sensores de carga transmiten información al sistema de frenos, y éste determina si debe entrar en acción y, de acuerdo a la inercia que lleve el tren, con qué fuerza. Una supervisión del sistema de freno eléctrico indica también al sistema neumático que debe entrar en operación si aquel falla o no es suficiente.

El frenado electromagnético es un tercer sistema de frenos que garantiza la seguridad del tren. Para el caso de frenado de emergencia, se cuenta con unos electroimanes ubicados sobre el


MEZQUITAN



riel que envían una señal al sistema electromagnético de frenos, para hacer descender sobre la vía unos patines de acero que se pegan al riel por magnetismo, con lo que el tren detiene su marcha. Esto sucederá si el conductor ignora una señal roja de alto o supera la velocidad permitida. Todo el proceso es coordinado por el sistema de señalización de la Línea.

Seguridad

La tracción y frenado del tren se operan mediante una palanca de mando. Dicha palanca contiene un botón, denominado del "hombre muerto", que impide al tren perder el control si el conductor llegara a tener un repentino problema de salud. El conductor debe presionar ese botón para que pueda arrancar el tren cuando mueve la palanca. Pero para prevenir la eventualidad de que el conductor sufriera un desvanecimiento *apretando* el botón, deberá soltarlo cada 60 segundos un mínimo de 3 segundos, y luego volverlo a accionar. De lo contrario, el tren frenará automáticamente.

El tren no puede arrancar con las puertas abiertas. En el interior del vehículo, a disposición de los pasajeros, se encuentran palancas de emergencia. Si alguna de ellas es accionada, y el tren aún no ha alcanzado los 12 km/h, frenará automáticamente de emergencia. Si el tren ya rebasó los 12 km/h, el conductor es avisado de la emergencia y deberá decidir si frenar o continuar hasta la siguiente estación. La razón es que resulta más fácil y efectivo atender una emergencia en estación que dentro del túnel.



El tren cuenta con iluminación de emergencia, que enciende si llegara a quedarse sin energía eléctrica

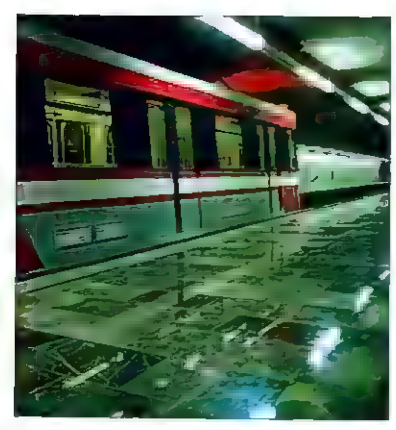
Acoplamiento entre trenes

A través del sistema de acoplamiento, que une a los trenes para que operen como una sola unidad, se transmite también aire comprimido entre los compresores, por si alguno de ellos llegara a fallar En esa eventualidad, con los compresores restantes el tren podría frenar perfectamente

Tecnología

Los vehículos del Sistema Tren Eléctrico están integrados tecnológicamente utilizando los mejores componentes disponibles en el mercado mundial A una tecnología básica de tracción de Siemens (Alemania), se ha integrado un sistema de frenado Knorr Bremse (Alemania), *boogies* diseñados por Duwag (Alemania) y construidos por Bombardier (Canadá) en México El diseño original también es de Duwag El montaje, estructura, acabados, forros y equipamiento son nacionales

En comparación con el material rodante de la Línea 1, se han hecho sustanciales mejoras tecnológicas Los motores son más ligeros, más sencillos, más potentes y duraderos. Los convertidores ya no se enfrían con gas freón, por ser antiecológico, sino con aire forzado El manipulador (palanca de mando) ahora cuenta con el





botón de hombre muerto supervisado Los sistemas de control han sido mejorados (señalización de fallas, indicador de ruta, velocímetro digital) Se cuenta con una caja negra, o registrador de eventos con mayor amplitud en la información, que permite detectar fallas humanas o del equipo. Las puertas deslizantes son más silenciosas y sencillas Se han instalado más pasamanos a disposición de los pasajeros. Se ha integrado el lubricador de pestaña Las clemas de conexión, mejoradas, reducen las fallas eléctricas

En resumen el sistema de la Línea 2 es, como vimos, la suma de diversos subsistemas, entre ellos el eléctrico, electromecánico, de telecomunicaciones, de material rodante y otros, que en conjunto conforman una opción de transporte masivo urbano caracterizada por su eficiencia, rapidez y funcionalidad. Integra los últimos adelantos, así como la tecnología más probada a lo largo de los años, en una solución a prueba del uso constante y del crecimiento en las necesidades de la ciudad





Hacia el futuro

La naturaleza opera en forma evolutiva, es decir por pequeñas mejoras que a lo largo de millones de años constituyen adaptaciones importantes. En lo social, la humanidad ha seguido el mismo principio. Desde que el primer hombre pisó la tierra, los problemas nunca han podido solucionarse de una vez por todas. Cuando respondemos a los estímulos del medio, de una forma u otra tratamos de adaptar nuestro entorno a las cambiantes necesidades de cada momento.

Desde mediados del siglo XX el transporte urbano se ha convertido progresivamente en un problema más y más grave para muchas ciudades del mundo. Las soluciones que se han ideado, sin embargo, no son tan variadas. Calles más anchas, más fluidas, o vehículos con mayor capacidad, más rápidos, son básicamente los dos principales ejes en la búsqueda de alternativas al congestionamiento del tráfico.

El primero de ellos puede considerarse la opción norteamericana, como testimonian las extensas ciudades de Estados Unidos, surcadas por supercarreteras elevadas o subterráneas. Tiene la desventaja de privilegiar el aumento en el número de autos y el crecimiento descontrolado de las manchas urbanas.

El segundo corresponde al modelo europeo, del que dan cuenta los excelentes sistemas de ferrocarril urbano y suburbano que prestan



servicio en las ciudades del viejo continente Su principal obstáculo estriba en el cuantioso capital inicial requerido

Entre los años cuarenta y sesenta quizá resultó más sencillo para Guadalajara adherirse al modelo de las grandes arterias para autos, pues se suponía que idealmente cada familia, con el tiempo, llegaría a ser propietaria de al menos uno de ellos La misión estatal, entonces, se limitaba a asegurar la libre y fluida circulación de vehículos Fue la época en que se abrieron muchas avenidas importantes Luego, a mediados de los años setenta, diversos sucesos provocaron la revisión de no pocos conceptos El primer *shock* petrolero arrojó negros nubarrones sobre la posibilidad de un consumo siempre creciente de hidrocarburos. En los ochenta los índices de contaminación ambiental sonaron la alarma de una real amenaza para la vida sobre el planeta El golpe de gracia llegó cuando fue evidente que las vías rápidas crean su propia demanda, por lo que pronto resultan saturadas

En la actualidad los planeadores urbanos aceptan que el transporte colectivo es una mejor opción que el transporte privado para solucionar el problema del desplazamiento Por lo que toca al transporte colectivo, también se considera preferible el eléctrico al de combustión interna, pues su uso evita la descarga de humos en las áreas urbanas



En el caso particular de Guadalajara, la solución al problema del transporte colectivo se ha enfrentado mediante autobuses. Hasta el presente ha significado una opción relativamente económica y de sencilla implementación. Pero Guadalajara ya no es una ciudad pequeña. Por nuestras calles transitan más de 600 mil vehículos, y el número de pasajeros que demandan el servicio de transporte se incrementa día a día. Es evidente, pues, que no podemos ya recurrir a las mismas soluciones que en el pasado, pues de hacerlo estaríamos condenando a nuestra metrópoli al suicidio ecológico y vial. Como en el resto de las grandes ciudades del mundo, se impone la creación de un sistema de transporte masivo eficiente y no contaminante, que cubra los principales puntos de origen y destino. Mucho se ha pensado y discutido al respecto durante los últimos veinte años. El consenso hasta el momento se resume en un instrumento de planificación que, con base en la evidencia empírica, señala las principales acciones que debieran emprenderse a corto, mediano y largo plazo.

EL PLAN ESTRATÉGICO DE TRANSPORTE ELÉCTRICO URBANO 1993-2025

De los casi cuatro millones de habitantes que en Guadalajara demandan transportación, 68% de ellos se mueve gracias a las 181



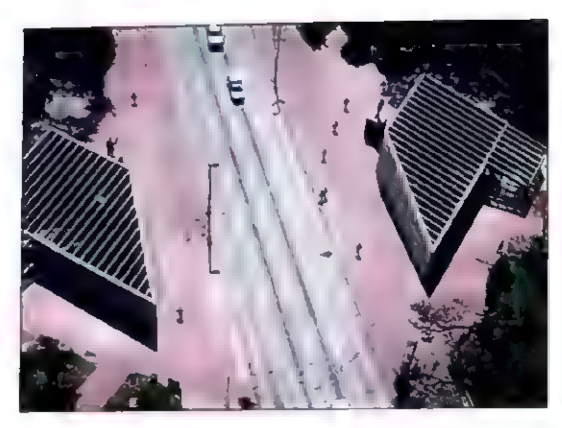


rutas de servicio público, para un total de cinco millones de viajes diarios. Se estima que nuestra urbe llegará a los 4.8 millones de habitantes en el año 2000, a los seis millones en el 2010 y a 7.6 millones en el 2025. Tales incrementos, de hasta 91% en 30 años, plantean la exigencia de sustanciales modificaciones al transporte público

Con objeto de conocer el movimiento de vehículos en la ciudad, como preliminar hacia un proyecto amplio de solución, se realizaron estudios de aforo vehicular en más de 100 puntos estratégicos de la ciudad. Con ello se identificaron 16 corredores principales, definidos por el volumen de pasajeros que los recorren y las dimensiones de su infraestructura vial. Los principales, con mayor flujo de origen y destino, son hacia los siguientes rumbos:

- Norponiente-centro-surponiente
- Nororiente-centro-suroriente
- Oriente-centro-sur

El mismo estudio determinó que las arterias circunvalatorias, como el Periférico, Patria, División del Norte-Oblatos-Plutarco



Elías Calles, Niños Héroes (Tlaquepaque), Américas y López Mateos funcionan como vías de distribución y alimentación

Con base en las investigaciones mencionadas, se llegó a una serie de conclusiones sobre las grandes líneas de acción que deberían emprenderse para llegar al año 2025 con un sistema de transporte adecuado. Las principales son: satisfacer la demanda actual y la futura, conversión del parque vehicular de transporte público de combustión interna a energía eléctrica, propiciar que los usuarios de vehículos privados prefieran el transporte público, racionalizar el uso y mejorar la operación de las arterias primarias, presentes y futuras

Todas ellas tienden hacia un objetivo primordial: la creación de una red básica de Tren Eléctrico Urbano, y una red complementaria de trolebuses que la alimente, alivie y distribuya su tráfico. La meta general del plan dentro del horizonte contemplado es llegar a contar con una red de siete líneas de Tren Eléctrico con una longitud de 128 km, para atender a tres millones de habitantes, y una red de trolebús suficiente para atender a un millón cien mil habitantes. En el año 2025 ello equivaldrá a atender por medio del transporte eléctrico a 66% de la población, cifra sin precedente



Las siete líneas de Tren Eléctrico que se proponen para el futuro serían las siguientes

- *Línea 1* Avenidas Federalismo-Colón, de Periférico sur a Arroyo Hondo, con 17 5 km de largo
- *Línea 2.* Avenidas Mina-Juárez-Vallarta, de Periférico oriente a Periférico poniente, con 26 km de largo
- *Línea 3* Avenidas Laureles-Avila Camacho-Federalismo-Alemania -8 de Julio, de Periférico norponiente a Periférico suroriente, con 17.1 km de largo
- *Línea 4.* Avenidas Belisario Domínguez-Del Ejército-González Gallo-Solidaridad, de Periférico nororiente a Periférico suroriente, con 14.7 km de largo
- *Línea 5.* Avenidas Del Obrero-Circunvalación Oblatos-Normalistas -Alcalde-16 de septiembre-Gobernador Curiel, de Periférico nororiente a Periférico suroriente, con 19.5 km de largo
- *Línea 6.* Avenidas Río Nilo-Revolución-Olímpica-González Gallo -Héroes Ferrocarrileros-Agustín Yañez-Mariano Otero, de Tonala a Periférico surponiente, con 22 km de largo
- *Línea 7.* Avenida Revolución, de Periférico suroriente a 16 de septiembre, con 11 km de largo





Una red de transporte colectivo como la que se propone es algo estructuralmente muy complejo, financieramente muy costoso y representa un gran reto técnico. Pero también significaría un enorme alivio para las tensiones del crecimiento urbano de nuestra Guadalajara. Ahorraría incontables horas hombre, mejor invertidas en el trabajo, la familia y el esparcimiento. Supondría un aire mucho más puro, un ambiente menos frenético, y por ende un gran ahorro en los gastos de salud globales. Permitiría menos presiones hacia el cambio de uso del suelo de las áreas verdes y las zonas de edificaciones antiguas, que actualmente tienden a ser transformadas en estacionamientos y calles. Propiciaría una convivencia más llevadera entre los ciudadanos y entre los sectores, y permitiría el desarrollo armónico del individuo.

El proyecto no es sencillo, aunque tampoco imposible en el mediano y largo plazo. Pero si ha de llevarse a cabo, es imprescindible que las generaciones actuales comencemos con los primeros pasos, y que las generaciones futuras prosigan el esfuerzo. Bien vale la pena.

TOWARDS A LIGHTER CITY LIFE

Throughout time transportation has been vital for development

Today in the case of cities this is even truer in that the rhythm of life of the inhabitants increases the closer we come to the 21st century Work, home education health and leisure time require the movement of individuals across increasingly longer distances within the city through routes that are more and more congested

This displacement, this trip, becomes complicated as our societies become more sophisticated, requiring more time and occasionally even becoming a risk With this, in our time it is difficult for a person to describe his daily commute in joyful terms

Although today no one can avoid the need for transportation from one point to another, we all know the problems this movement causes lost hours of work or study, less time for the family, hobby or entertainment continuously postponed because of the lack of free time

In the life of societies there comes a time when we must stop and reconsider the destination Do we want for our children a city suffocated by traffic and pollution? It is easy to answer no but less simple to commit our will, the effort and resources which a real forward looking solution requires

Nevertheless, in Jalisco we are used to things not coming easily We are accustomed to giving each other a hand when the size of the task we are about to face requires it. Therefore, when the proposal to build the Urban Electric Train Line 1 arose thanks to the foresight shown by state citizens when the excavation and preparation of the Federalismo Avenue was carried out the general support allowed the first stage of this large project to function with less delay

When our turn came to do our part and continue with the Urban Electric Train Line 2 once again the state citizens —with the support of the Federal Government— showed us to be more ambitious and united than ever Today after 29 months of effort we inaugurate this second phase, which is totally underground, runs side by side and through the length of a renewed historical center of the city and a more modern and functional avenue Javier Mina

My gratitude to those who with extraordinary effort achieved the least possible disturbance to the citizens with the highest efficiency in the construction of this Line 2: workers contractors supervisors, foremen My gratitude to those anonymous citizens who participated with their support their ideas and bore with good spirits the necessary effects of this project on an important part of the city

My best wishes to who in the future must decide finance, support and build Line 3 and the following, who will contribute to the transformation of the Urban Electric Train system of Guadalajara into the spinal chord of an efficient mass transport system, pride of Jalisco and Mexico

Carlos Rivera Aceves
Governor of Jalisco

GUADALAJARA BECAME BIG...

José María Muriá

Not in the spirit of undervaluing the reproductive merits of the natives of Jalisco, it is evident that the great growth of Guadalajara has not been due only to them Nearby towns and other more remote northern Mexican areas have also contributed and in one way or another have also been within the administrative, economical or educational area of influence of our city and have paid a large demographical tribute The peoples of the central highlands have also had to do in adding their not meager reinforcements Guadalajara has been a point of convergence and attractive to a large number of migrants and these in one way or another, have influenced very importantly what the city has become

Truthfully our city is not known as cosmopolitan, nor is it very easy at times to find ones place in it more so when one does not arrive with the spirit willing to be "as one should be"; nevertheless, not few outsiders have settled their fortunes on this land, since deep down the inhabitants of the Valley of Atemajac are just as friendly as the climate that rules there

Today we see Guadalajara as large, very large and with deep roots but 450 years ago it was a mote of dust that easily could have vanished, briefly after its establishment in the place that later became permanent

Of the neighbors to whom land was given on the February 14 of 1542 when the valley of Atemajac was settled, in six years only 35 remained, and even less afterwards thanks to the discovery of minerals in Zacatecas Only Compostela the brand new capital of the Nueva Galicia, was worse off and in 1560 His Majesty approved the transfer of the authorities of the Kingdom to the Valley of Atemajac

The decision of the distant monarch must have been much influenced when the Bishop Pedro de Ayala made his formal entry to Compostela finding in her "only six neighbors and of such bad disposition that next day he returned to Guadalajara", having decided never to visit again what was supposedly to be the bishop's headquarters

It should be remembered that the interest in having Guadalajara hold in the Cazcana region when it was in its third attempt near Tlacotan, and to give support from there to Spanish colonial expansionist pretensions, brought about that in 1539 it be assigned the rank of city with coat of arms Its inhabitants however did not learn of this until they had already been living for several months in Atemajac In this manner upon becoming the Neogalician capital in 1560 and housing functionaries of the Audiencia, of the Government the Bishopric and the Royal Bank as well as friars that already occupied the convent of San Francisco, Guadalajara already had the minimum bureaucracy that went with its status as a city

By virtue that in 1570 the inhabitants numbered no more than 50 it must have been very few those who employed themselves totally in productive pursuits aside from the administrative and bureaucratic ones, and this had an effect that is still felt today, but was decisive during those first years of life

Commercial activity that today is so important took more than a century to make itself felt In the beginning it existed at most as a local and timid market

By its 60th anniversary as capital around 1620, Guadalajara had not reached 200 inhabitants, but by the middle of the 17th century it was above 3,000 residents which

[illegible] have meant some 800 neighbors. Some modest mineral deposits mined by Etzatlan and Tepic, a small overflow produced by the extraction and carrying to Mexico City of the rich minerals from Zacatecas, the establishment and development of some religious orders, together with that of agriculture and over all the results of a community that was settled and producing progeny, determined the measured growth of Guadalajara. But much more was wished for, and as shown by the fact that around 1650 the Government still exerted pressure upon neighboring hacienda owners to keep a house in Guadalajara "and help its population".

The take off would start at the beginning of the XVII century, by virtue of the Spanish settlements in the peninsula of California and the coasts of Sonora, transforming the marginal location of Guadalajara within the Spanish Empire into a forced stopover point for travel and supplies for the new colonies making commerce a much more significant activity. In this fashion, around 1730 it came to some 2 000 neighbors, or almost ten thousand inhabitants. The port of San Blas in 1768 would increase and prolong the expeditions of settlement and discovery reaching Vancouver and Alaska, and the exchange with Central America increased, and eventually shipments were received from the Philippines. Not without reason during the XIX century did merchants from Panama settle in Guadalajara, "modernized" and measurably increased the business activities of the locals. In this fashion at the start of the century, Guadalajara had 35 000 residents.

It was precisely during the close of the XVIII century that the major colonial buildings were built, some of which still survive in testimony of the boom time era, even though it is convenient to insist that prosperity was very far from reaching everybody.

After a disastrous century and a half that reduced the native indian populations to five percent of the original pre conquest amount, from the middle of the XVII century the population had begun to increase to the pleasure of all those that had felt the lack of labor. After one century there was an excess of labor in the countryside and this produced migration to the cities of people without means of support, where they were taken advantage of by the wealthy in service and construction in exchange for miserable pay, and by the end of the XVII century the dispossessed had become a serious social problem.

It is no coincidence that the two costliest buildings built before the end of the aforementioned century and the first part of the next, were for charitable purposes, the Hospital de Belen and the House of Mercy. The first, promoted by the Bishop Alcalde, covered two whole blocks of Guadalajara and was a result of the famine and epidemics caused by the droughts of 1784. The second, later known as the Hospicio Cabañas in honor of the anti insurgent prelate that started its construction, was built on four square blocks to house the poor of a city with only 40 or 50 thousand inhabitants. Six whole blocks dedicated to charity in a city that could be traversed on foot from end to end in 20 minutes, from what today is the garden of Reforma to San Francisco or from the ex-convent of Carmen to the Liberty market.

By the end of the War of Independence some 47 000 souls lived in Guadalajara, since in fleeing from the insecurity of smaller places, especially in southern Jalisco, many people with resources to lose sought safe haven in Guadalajara, in addition the southern campaigns of José María Morelos and Vicente Guerrero greatly obstructed the Acapulco-Mexico City route, which was fed mainly by the Nao de China Galleon from China, which several times had to dock at San Blas producing an important overflow in Tepic and Guadalajara. This brings to memory the "negra de ojos de papel volando" (the black woman with eyes of flying paper) to whom in Tepic was brought a superb silk shawl imported most certainly from Manila.

It is logical to suppose that the crisis that characterized the first years of independent life, added to the famous cholera epidemic of 1833, gave way to a demographic contraction, so that in 1840 one spoke of some 45 000 settlers. But the debut of a new activity among locals such as the upswing of port activity at San Blas for a short time, permitted the population to reach almost 70 000 by 1856.

After 1840 the first textile factories appeared in the surroundings of Guadalajara. Also, San Blas which had fallen into decay after the Independence came into its own again after 1849, and the gold fever in Alta California. This port provided the miners with supplies from the coast of Jalisco and Colima until 1869, when the United States completed the transcontinental railway.

The three years of the War of Reform —1857 1860— that as is known was mainly fought in Jalisco, were followed by occupation by the French, who took over Guadalajara together with their Mexican allies, from 1864 until defeated at the Hacienda de la Coronilla towards the end of 1866 when they opted for withdrawal.

This war brought to Guadalajara three formal sieges and great destruction, while facing the occupation brought about a large emigration and loss of resources to the south of Jalisco and Sinaloa, where the French were stopped. Nevertheless, Guadalajara greeted the XX century with 100 thousand citizens –that became 120 thousand one decade later – who lived better than those in the countryside or in smaller towns. By then the first urban collective transport vehicles had appeared, consisting of mule drawn street cars which were later substituted by electric ones at the turn of this century.

In addition to the merchants and hacienda owners of the state, others lived here very comfortably, such as Germans dealing in hardware, Spaniards in baking and groceries and French manufacturing and selling clothing, as well as "gringos" that supervised their employers investments in mines and trains. To them is owed the construction of houses very different to the traditional ones and resembling those of their countries of origin, and spread through the neighborhoods then called the French and American on either side of the Vallarta avenue. Likewise, as can be supposed, all those that provided services for these people also lived in Guadalajara and, of course, a large civil and religious bureaucracy.

As during the War of Independence, the decade of the Mexican Revolution increased the population of Guadalajara with people striving for safety, so much so that the census of 1921 shows almost 150 thousand. Also after that the immigration from rural areas without services such as education, health, electricity, and telephone increased in the search for greater opportunities of development and living conditions. Meanwhile two important events allowed for the generation of resources to accommodate more and more people: the Second World War and vast public water works in the Northwest.

The war provoked and international scarcity of some products, such as shoes and clothing for example. These and other articles were then manufactured by local enterprises, barely achieving the distinction of being classified as factories, or by branches from Mexico City companies, established here precisely for this purpose. The dams and energy generators enriched the region more and more, for the benefit of the merchants of Guadalajara. To this is owed that from 1945 until 1960 Guadalajara had its greatest growth, from some 250 to 750 thousand inhabitants, which produced a misadjustment still to be recovered from.

The last generations that have carried the baton and have set the pace of the citizens were born in a city much smaller than the one that has come to them to rule. Nevertheless it is still an extremely attractive city for locals and outsiders regardless of its continued growth which continually generates greater needs at a great pace.

One of these is mass transport. We have come far from being able to cross the city on foot in 15 minutes. Thousands and thousands of fellow citizens travel over great distances every day, wasting energy that is for all convenient to invest in other things in order to achieve greater benefits and tranquility.

After the World War, passenger buses imposed themselves, but for a long time now their excessive number has generated serious problems because of their poor efficiency.

The light train is without a doubt an excellent contribution, more so in that Line 2 penetrates where it is most needed. Even if we see Guadalajara's growth as inevitable especially due to all those situations beyond our control, this type of project helps to soften the inconveniences of being so many and helps us live together better.

José López Portillo y Weber would say that his grandmother "travelled through Europe and the United States the necessary time to convince herself that the best of the world was Guadalajara", an opinion shared by many others that after trotting here and there, have become convinced that in spite of everything, there is no better place to be than here. Hopefully this will continue to be the case for the future so that our children may enjoy a better quality life.

TRANSPORT IN GUADALAJARA'S YESTERDAY

By the end of the XIX century Guadalajara's transportation was provided by two carriage companies and others that only had carts for short hauls The Western Wagon Company covering the route to Mazatlán via Tepic and the concern belonging to Don Anselmo Zuruluza to León and the center of the country Later the route to San Blas was inaugurated Cargo transport was provided by muleteers who took three days to reach Los Altos, if it didn't rain in which case it took eight to ten days Carriages to Mexico City took more than a week of travel and in the rainy season it was mpossible to know when you would reach your destination

With the urgent need for dependable and fast access roads, the Pacheco company — known as he Limited Company of the Central Mexican Railroad, in partnership with American capital— made a proposal to the then Governor of the State Jesus Camarena, of their interest in establishing a ra lway between Guadalajara and Mexico City, as well as certain studies undertaken to locate the train station in our city

In April of 1887 the Pacheco company selected the adequate location for the construction of the terminal The local Chamber of Deputies discusses and approves the decree by which the Limited Company of the Central Mexican Railroad is given the right to close the streets of the 7th quarter between blocks 11 and 17 to establish on said lot the train station In May of the same year the work of laying the rail commences the State Governor being Genera Ramón Corona, who gives his full support to the execution of the project

One year later, on may 14, 1888 the inaugural train leaves the Mexico City station for Guadalajara Three hundred passengers occupy the five pullman cars, four first class, one express and the locomotive Next day with a party atmosphere, on the fifteenth in the afternoon a crowd estimated at 70,000 people gather in Guadalajara to see the train arrive The city receives it as a deserved recognition of their importance and the first impulse in their race for progress

The industry at that moment included 295 establishments among which by their number the following stand out 80 carpentry shops, 38 shawl manufacturers 57 shoemakers, 14 tinsmiths, and 12 silversmiths The town registry showed 1,358 established concerns, among which were 439 shops, 80 groceries, 48 wine sellers, 42 tortilla sellers 39 clothing stores, 60 butcher shops, 61 cardboard merchants and 94 corn storehouses

It is clear that the arrival of the railroad was not the only factor that influenced the path of Guadalajara towards modernism The introduction of electricity, the telegraph the telephone and tramways brought about from 1868 a series of technological changes that gave serious impulse to the urban development of the city

According to José Rogelio Alvarez, Guadalajara in 1888 did not go beyond 30 blocks in any direction "Who started from the Cathedral and walked 15 blocks in any direction would suddenly find himself facing the extension of the valley" The city was divided in 9 quarters with 812 blocks and 7,146 private houses, 39 educational, 138 for charity and 24 temples

The telegraph functioned since april 1868 communicating Guadalajara with the rest of the country The mail gave direct service to 29 towns, on alternate days The telephone service dating from 1884 had 207 subscriptions at start up

Public lighting had 66 electric light bulbs in a five block radius around the square The police was made up of 260 men, plus a private security service of 20 individuals There were three main markets, Plaza de Venegas (Corona), Plaza de Toros (Alcalde) and the San Juan de Dios On some streets informal markets were held selling seed vegetables and other items, much like today

Two cemeteries were in service, Belen and Los Angeles The c ty got its water from the hills of El Coll, that since 1740 were contained and conducted by friar Pedro Buzeta and also from the springs of San Ramón, the river San Juan de Dios and from wells in private dwellings

The history of public transportation seems to begin around 1833 when the first carriage service is installed at the Plazuela de la Soledad (today the Rotonda de los Hombres Ilustres) In 1868 Guadalajara already counted on 32 rental vehicles and in 1874 with 34, distributed between La Soledad and the Aduana (next to the temple of Aranzazu) Cargo and freight was hauled by oxen pulled carts.

The urban needs of Guadalajara soon required better means of transportation, and in 1870 a group of investors became enthused with the idea of establishing a company to provide the first collective transport service with a fixed route based on trams powered by animal traction, the famous "little mule trams" Gathering the required number of capitalists was not easy and the Governor Ignacio L Vallarta had to provide support by taking one third of the total stock

The brand new enterprise "Compañia de Tranvias de Mexicaltzingo" laid the first urban tracks covering the route from the Fresno Baths to the Belén Hospital Another section covered the route from downtown to the jail located on what today is the park of the Revolution nine blocks away from the Plaza de Armas

From the jail to San Juan de Dios another section was laid that passed by the street of Loreto and one more from the Santuario to Mexicaltzingo installed by the Tram Company of Guadalajara that also worked other urban and suburban lines In the year 1884 the following lines were inaugurated

From the jail to San Juan de Dios via Palacio Street and to the town of San Pedro

From the Plaza de Armas to the parrish of Jesus

From the parrish of Jesus to Belén passing by San Agustín the Agua Azul, arriving at the bridge at Manzano

From the parrish of Jesus to Mexicaltzingo, del Carmen street Rastrillo Garita at Mexicaltzingo to end at the Plaza del Santuario

Another branch was laid from the main or Venegas (today Corona) market by the streets of Ocampo and Zaragoza Another route went to Naranjitos by Merced street

The suburban lines included the towns of San Pedro Tlaquepaque, Atemajac, Zapopan and San Andrés The Atemajac factory was connected by the little mule trams in 1884 The town of Zapopan was united to the city by the same means in the year 1894 The price per passenger was three cents

Since 1900 interest by the same tram companies was shown, together with textile concerns and other entrepreneurs, to introduce electric trams in Guadalajara. Nevertheless, it wasn't until the September 14 1907 that the first tram of this type ran in the city The company formed for this was called Electra, S A And came about through the fusion of Tranvias de Guadalajara and Compañia de Luz Eléctrica.

Due to the difficulties that later arose among the various companies producing electricity, that were trying to eliminate one another, the government decided to start anew and solve the problem once and for all With this in mind, the fusion of all electrical producers into one conglomerate was promoted. In 1909 the Compañía Hidroeléctrica e Irrigadora de Chapala emerged, concentrating all the concessions for rail transport as well as production of electricity and public lighting

The formation of this consortium did not end all the problems affecting electrical tram service. Later problems seem to have been political in nature, consisting in friction between the city and state government. The company worker's union shared the religion of the Catholics opposed to the libertarian, sympathizers of José Guadalupe Zuno, later to be mayor and then governor

Zuno, arguing technical and political reasons, showed great interest in bending the hidroelectrical company to his authority, and so directly intervened in the company several times. Sometimes because the vibration of the trams damaged the streets and the company delayed repairs or simply did not carry them out Other motives were tax exemptions that for many years the company had enjoyed and Zuno tried to show the illegal nature of this, desiring that the company pay what they supposedly owed, for example, with public works such as building a section of the drainage for the pestilential river of San Juan de Dios as reparation

A time came in the persecution of the hydroelectric company by he city government of radical aggressiveness, at least as regards the trams The approval of laws for tram traffic in august of 1923 put the company in dire straits: " The traffic of the trams in urban traffic, must be made based on the right hand " The majority of tracks, obviously, had been laid on the left side of streets

In 1925 the hydroelectric company and the government signed a contractual-concession agreement in wh ch clause 14 stands out

> "the company has the faculty to employ in its service of transport of passengers or freight, means other than electrical energy, excepting animal traction, being able in addition to establish the service of vehicles without rails"

On the 29th of march of 1928, twenty one years after its inauguration, the lifting of some lines of track initiates. It should be noticed that by 1924 the use of buses had formally been established for public transport in this city

And so, while the buses increased their network, the trams went from bad to worse in such a way that by 1944, this service that had come to have double decker trams and lady ticket collectors on board saw its unavoidable demise

The story after this moment is more or less known by all buses, buses and more buses

In 1968 and by invitation of the Governor Francisco Medina Ascencio, technicians

from the English Ministry of Transport came to carry out a preliminary study of the traffic parking and movement of merchandise and public transport The following year a team of Japanese engineers remained almost a full year to study the feasibility of a train that was proposed with surface, elevated and underground lines

Possibilities were considered with the same idea of giving Guadalajara an electrified train transport system several companies from industrialized nations offered studies and financing Even an elevated monorail system was considered during the administration of the Governor Alberto Orozco Romero when the general planning and urbanization committee carried out the long thought out and many times postponed north-south axis along the Federalismo avenue and where ultimately the Line 1 electric train would be housed

After careful studies of layout sections access, sidewalks, signals furnishings etc a tunnel was designed along the length of this avenue and built with the stations already prepared and many other provisions for the future The tunnel was used temporarily for a trolley bus route As a curious detail, the first units to use this tunnel were second hand trolleys purchased in Chicago

The next State Government under Flavio Romero de Velasco, continued with this objective in mind and proposals were considered for mass transport from Belgium France and Italy

Finally during the administration of Enrique Alvarez del Castillo, feasibility studies continued and thanks to the support of the Federal Government precisely through the present President Carlos Salinas de Gortar then Secretary of the Budget and a loan achieved, the paperwork was carried out and the financial resources assigned for the construction of Line 1 and the acquisition of 16 light train units

At the start of Governor Guillermo Cosío Vidaurri's Administration several additional works were carried out with which the consolidation of the project was effected and the operation and running of the Urban Electric Train System began on September 1st 1989

THE PLANNING OF LINE 2

BACKGROUND

Urban transport is one of the greatest problems of the Metropolitan Area of Guadalajara and is one of the basic demands of the population More than 5 million trips are generated in the city that since the last census shows the transformation of its economic and territorial structure

Facing this panorama, The State Government of Jalisco is committed to an effort to offer an efficient system of transportation especially for the most populated areas In this same fashion several initiatives have evolved, that go from the regulation of rates, to the planning of an integral urban transport system made up of various modes

Traffic infrastructure is the basis of transport and the first attempts at a formal urban city plan are from 1942 One of the immediate results of these early attempts was the definition and step by step appearance of a primary transport system based on the widening of several streets To date this continues with actions of definition, project, layout openings, elongation and rectification of streets that in combination with the construction of tunnels and clover leafs have made up our cities street system

This system has become progressively saturated This is confirmed by the following information in 1970 average speed at rush hour was 48 kilometers per hour In 1980 it went down to 32 km/hr and in 1993 to only 18 km/hr This is due to the approximately 700 000 vehicles that circulate in the Guadalajara Metropolitan Area It naturally causes great traffic problems and leads to pollution that on occasion are four times the allowed standard set by the World Health Organization

Foreseeing this, in the 70's when Federalismo was built, it was thought to take advantage of the project and build a tunnel that in the future would house non polluting mass transport vehicles

After being used for years by bus trolleys, in 1987 it was decided to us the tunnel not for a traditional subway, but for a more functional system already in use in many cities of the world A system capable of running through tunnels loops and avenues with the capability of progressive growth as resources and needs of the city permitted A system of much less cost than a subway but with the ability to move the same number of passengers

On September 1st 1989 the first line was put into service and since then demand has increased to almost double At present the system moves 70,000 passengers daily and is self sufficient in its operation However, Line 1 is only the first step What the Metropolitan area requires urgently is a network of several lines that unites key waypoints

THE PROJECT

Defining the next step of this system has not been simple The requirements and priorities of the city are many Nevertheless, in the technical studies of 1990 the existence of a transport axis was seen that stands out due to demand from points at one end and the other This is the connection from downtown to the East of the city Between these two points more than 200,000 daily trips are generated among varying bus and trolley routes

The reasons for this demand are evident: downtown is still the heart of the city and a magnet for commerce, recreation and culture, especially for the inhabitants of the Reforma and Libertad areas

The East on its part, bordered by a central strip from Pablo Valdéz to Revolución is one of the most active and highest density areas of the city In about 2,000 hectares more that 350,000 inhabitants live Here also can be found a great part of the small workshops and the most dynamic popular commercial centers Obregón and San Juan Bosco, among others

Another reason for deciding this new stage is that in the East of the Metropolitan Area is where the greatest housing reserves are found In the next decade, more than one thousand hectares will be occupied by more than 150,000 new inhabitants, this will make transport needs even greater on this axis, peaking at 300,000 daily trips in the year 2000

Initial demand for the route which is estimated will come from a strip 500 meters on each side, represents 95 000 trips to which transfers from Line 1 will be added to the tune of 35,000 more passengers With this a total demand for 130 000 daily trips is defined, which more than justifies a mass transport route

The axis that is formed by the avenues Juárez-Mina was adequate for this route Other alternatives in the East-West sense that were studied implied more expense, more impact to housing, the destruction of historical buildings downtown or the disintegration of neighborhoods established over decades and centuries This would be the case of routes such as La Paz-Cuitlahuac, Lopez Cotilla-Obregón, Hidalgo-República, or Manuel Acuña-Esteban Alatorre

The line chosen will greatly aid in the reorganization of the urban space as laid out in the new Urban Planning Rules approved in 1990 More so if one takes into account that the project is the first phase of a line that in the future will extend East and West This axis coincides with one of the main metropolitan arteries, where some of the 16 service sub centers are located in an attempt to consolidate the plan for decentralizing local administration and Metropolitan life

With twenty years distance we see that the steps taken until now regarding the Electrical Urban Train System are the effort of several governments, always adapting to the needs of the moment and the availability of resources In retrospective we can consider that the construction of the tunnel under Federalismo in 1974 was correct as

well as its temporary use with trolley buses Also correct was the decision in 1987 to use a light subway system that can grow and adapt to the needs of a city in rapid development without being prohibitive in cost in its first stages Also correct in planning was the continuation of the concept of ight trains for Line 2 since it is expected that this w ll become the backbone of Metropolitan transport around the year 2000 As is further explained below, with relatively simple additions and modifications its capacity may be increased to levels comparable with other cities having heavy subway systems If the in tial capacity of Line 2 is set at 200,000 passengers per day its future capabilities will be increased as is shown in the following chart

Light Train Transport Capabil ties

LEVEL	CAPACITY, TRAIN	INTERVAL min or sec	CAPACITY/ HOUR/ DIRECTION
1	600	7 5 min	4,800
2	900	5 min	10 800
3	900	2 5 min	21 600
4	1,200	100 sec	43 200
5	1,500	90 sec	52 000

THE CONTRACT

Tlaloc-Siemens-Concarril (today Bombardier) the promoting group, presented a feasibility study and a letter of intent to carry out the project in 1990 The State Government through the Department of Planning and Urbanization of the Secretariat of Urban and Rural Development contracted for the executive plans Once this was finished it was g ven to the promoting group for budgeting

After evaluation, the State Government decided to contract the project with the promot ng group The basis of the dec sion to assign in this fashion was overall the high degree of specializat on of Siemens on a world basis in urban train transport, in the experience and capabil.ty of Tlaloc, proven in the construction of Line 1, in the financing of both companies, and besides on the fact that Bombardier-Concarril is the only manufacturer of trains in this country

In order to carry out the construction and operation of Line 2, the public decentralized organism "Line 2 Urban Electric Train System" was created by decree number 14466 of the State Congress on December 14, 1991

The Board of this organism includes the heads of the Secretariats of Finance Traffic and Transport, Urban Development, Siteur, the Mayor and the General Director of the Electric Train System

On December 9, 1991 the promoting group was contracted for the construction, supply installation and commissioning of Line 2

The amount of the original contract was 1,033 millions of new pesos plus an additional amount of 63 million new pesos to cover jobs caused by the work damage to properties, studies, projections and job supervision

The contract was divided among contractors in the following manner

Civil Engineering (Edificaciones Tlaloc)	$ 540'306 340
National electromechanical jobs (Siemens S A)	$ 29'503,412
Imported electromechanical jobs (Siemens A G)	367'014,776
Trains (Concarril-Bombardier)	$ 96'300 744

ADDITIONAL WORKS

During the execution of the project it was found convenient to carry out five additional jobs

- Underpass at Javier Mina-Juárez under the Calzada Independencia
- Remodel the Mercado Corona square
- Place cobble stone blocks on side streets of avenue Juárez
- Remodel Revolution Park
- Install escalators at Juárez II station

For these additional items an additional agreement was signed. However for the first three yhe City Government agreed to pay 50% of the investment

FINANCING

The financing of the construction was initially agreed in the following manner

	(millions of dollars)
Federal Government	110
KFW German Bank	110
City of Guadalajara	7
Jalisco State Government	103

THE CONSTRUCTION OF LINE 2

In synthesis, work on Line 2 consisted in the digging of 9 6 kilometers of tunnel, the construction of 10 passenger stations, the electrical mechanical installations and the acquisition of 32 trains It sounds simple, but its execution can be considered the most expensive investment and public works project in the history of Jalisco During the excavation, more than 1 5 million cubic meters of material were removed, or about 250,000 six cubic meter dump trucks For the construction of tunnel walls, stations and various add tiona jobs some 250,000 cubic meters of concrete were used, the equivalent of a highway 22 cm thick, four lanes and 85 km in length, as if from Guadalajara to Ocotlán More than 25,000 tons of steel were used, equivalent to 625 trailers of 40 tons each The weight of the electromechanical equipment used came to more than 2,000 tons

CIVIL ENGINEERING

THE TUNNEL

Before starting the excavation, a series of studies was made regarding the impact and ecological risk that the project could cause in the area Taken into account were the population, soil use, soil mechanics, water levels and others An important section of the tunnel for Line 2 crossed the histor cal center of town under Juárez avenue, from the Revolution Park to the Calzada Independencia, an area of tall old buildings with unknown foundation characteristics, as well as a great number of businesses For this a tunnel building system was used to protect the safety of o der and historical buildings and allow for a speedy restoration of vehicle and foot traffic

A system consisting in the construction of adjacent concrete-and-steel pilots was

used for the formation of the walls Next a concrete slab was laid as the roof and upon this the fill and paving was carried out to allow traffic Through the tunnel ends the dirt was extracted until the desired floor level was achieved upon which the flooring concrete was poured

This system was also successfully used in the construction of several other tunnels in the city such as at Hidalgo from the Corona market to Independencia with similar soil characteristics to those in the tunnel of Line 2 downtown also at the Minerva traffic circle as well as under the train station

Based on this experience it was decided to use the same system of poured in place pillars which firm up the sides of the tunnel before excavation stabilize the soil for neighboring buildings and avoid cave-ins The length of the tunnel built by this method is 1 400 meters approximately

The procedure for the construction of the tunnel under the downtown area was the following

1 Side jobs were carried out such as water and drainage on both sidewalks to connect mains for reception and discharge of domestic waters in substitution of those to be out of service upon excavation The new hook-ups were carried out in periods of 15 to 30 minutes whereby the users were rarely even aware of the interruption Likewise, phone trunk lines, high tension electric lines, as well as lighting and traffic light wiring were protected and or modified If required, the jobs were carried out at night

2 The first stage of the excavation started with the opening of existing paving, until a depth of 1 5 to 2 meters where the drilling of the support column pilots was started

3 Next the columns were excavated with rotary drill equipment Their diameter varies from 80 to 100 centimeters with a depth from 10 to 11 meters In cases where the water level combined with pumice mud, it was necessary to use bentonite to stabilize the excavation This technique has been much used in Mexico City since it avoids the collapse of the inner walls of the tunnel

4 Once the drilling was done, steel rebarb frameworks were inserted and concrete pumped in at a density of 2 4 tons per cubic meter, and whose weight displaced the bentonite mud up and out of the well

5 Once the walls formed by the columns on each side of the tunnel were finished a second phase of excavation began The floor level was dropped to a 3 meter depth to allow the installation of a metal framework that was slid on rails This was used to form the roofing slab of the tunnel After the concrete was poured steam was applied at 60 degrees centigrade, which accelerated the concrete curing to 70% of its strength in a period of 10 to 12 hours which allowed a rate of 10 meters daily

6 The third phase of excavation was carried out from the last level to an additional depth of 2 55 meters to come to the concrete slab floor level For this the installation of air extractors was necessary to remove motor gases of the excavating equipment working inside the tunnel

7 Once the floor level was compacted the rebarb feet of the columns were uncovered and became part of the concrete floor slab poured over them to a depth of 45 centimeters

In the section of tunnel corresponding to the avenue Javier Mina between San Juan de Dios and Tetlán of some 6,500 meters length, a different constructive technique was used due to the characteristics of the area Buildings in this area are lower and newer and rock is relatively superficial water is found at shallow depth Due to this an open air excavation procedure was used and the use of a metallic sliding frame developed by local technicians was used for the construction of the tunnel allowing an advance of ten meters per day This sliding structure of 64 tons slips forward as the job advances, allowing the simultaneous pouring of the walls and roof of the tunnel

In the original project only four of these structure were planned for, but to cut project time and annoyance to normal city life, one more backup one was used in conjunction with the original four, reducing total project time by up to 20 percent As with the columns, the application of steam under pressure to the concrete sped completion, with the difference that the steam pipes for the slabs had been built into them In some cases it was possible to use traditional concrete casting techniques with which weekly productivity came to 230 linear meters per week all told

In general, the tunnel has a section of 7 6 meters width and 5 meter height, even though this is modified on curves and at switches in order to maintain the necessary spaces for safety during train movement Its construction was carried out in 20 months from February 20 1992 An average advance of 15 5 total meters daily had been estimated The main obstacles cleared were rock strata drainage and rainwater mains vehicle and pedestrian traffic, water lines telephone and electrical, water levels and the effects on neighboring constructions that had to be resolved with the re-alignment of the street between the stations of San Andrés and La Aurora In this area the avenue Javier Mina would come to two gravel top lanes

The construction of the tunnel was carried out in horizontal and vertical fashion in accord with international and national specifications especially as regards light trains This because a tunnel too narrow or sharp turns would compromise safety of the trains, their speed efficiency and lead to wear of equipment When slopes are steep efficiency also drops due to the slow speeds that result, increasing energy waste and possible mishaps To insure that the most demanding specifications were applied independent supervisory consultants were contracted Therefore, and thanks to the use of the most advanced topographical equipment, the greatest deviation from original specifications does not exceed 61 millimeters in all its length

On the other hand and to assure the quality of the materials used laboratories for materials testing were set up at each workpoint With this, by standard no concrete mold was removed until the lab had certified the resistance of the concrete The same occurred with the steel used tests were applied to lots before their use was authorized

THE STATIONS

The connection between the tunnel and street level is done through ten stations separated among themselves by an average 950 meters They are strategically located in regard to the main arteries of traffic running north-south crossing the path of Line 2 as well as in regard to the main and closest urban activity centers

The stations have been named Juárez (Western terminal) Plaza Universidad San Juan de Dios, Belisario Domínguez, Oblatos, Cristóbal de Oñate, San Andrés San Jacinto, La Aurora, y Tetlán, (Eastern terminal)

Juárez station is the intersection with Line 1 and allows for the free flow of passengers between lines 1 and 2

Plaza Universidad station in the neighborhood of the historical city center serves as a transfer point to the multiple bus routes circulating along 16 of September between the train station Normal, and Zapopan The station was prepared for a future connection to line 5 which would run under 16 September avenue

The San Juan de Dios Station is located in one of main commercial areas the Libertad market and close to the Calzada Independencia, the most important north-south axis

Belisario Domínguez connects the existing rapid transit avenue Porfirio Díaz-Esteban Loera, that unites the Canada Industrial park with the heavily populated neighborhood of Oblatos

The station Cristóbal de Oñate connects with the important pair formed by streets 54 and 56 which unite the Technological Institute with Oblatos It is in front of the now vanished jail of Oblatos and the Lázaro Cárdenas garden Within its area of influence there are more schools than in any other station, as well as many small and medium businesses It will service a sporting area, a chapel and an outlet of the Monte de Piedad, the Federally backed pawnshop

The station of San Andrés is near the north south axis of Francisco Sarabia Ventura Anaya and Felipe Angeles The traditional neighborhood of San Andrés will especially benefit from Line 2, since it is heavily populated by thousands who daily move to work centers over all the metropolitan area Also, in the San Andrés area can be found the elementary school Lázaro Cárdenas, two churches, and numerous businesses

The San Jacinto Station connects a city loop at Plutarco Elías Calles, which also goes south to Tlaquepaque Its area of influence houses several concerns of small and medium size Aside from this, the station will receive passengers from a mall, an ISSSTE store schools, a child care center (DIF) and many homes

Aurora Station is found in the populous neighborhood of the same name, in which the elementary school Mariano Azuela with two shifts is found, a sports center, a park a DIF unit and two churches

The Tetlán Station connects the important axis called Mercedes Celis Since it is the head of a line transfer areas were built to service north-south traffic at street level that link it to the new bus terminal Its proximity to the Interamerican Solidarity Park without a doubt favors visitors to this attractive site

Six of the ten stations are similar for which they are known as "type" stations In general each station has

- Four access points on side walks
- Lobby with telephones and token selling machines
- Underpass connection between lobbies
- Turnstiles for in and out pasenger flow to trains
- Platforms 150 meters in length, for up to 5 connected cars

Besides, each station has a technical services room that fulfills the following functions

- Station Headquarters
- Central control point (Juárez only)
- Local control point (in certain stations)
- Communications room (in certain stations)
- Relay room (in certain stations)
- Traction substation room (in certain stations)
- Room for local services
- Low tension instrument board
- Emergency power plant

- Air extraction equipment room
- Water pumping room
- Fire control cistern
- Ground water pumping cistern
- Employee bathrooms
- Maintenance and jan torial room

The traction substations are located only at Juárez. San Juan de Dios Oblatos. San Andrés and La Aurora The relay rooms are located in the Juárez. Oblatos and Tetlán stations, while local control rooms are in Oblatos and Tetlán Communications rooms are found in the stations of Juárez San Juan de Dios Oblatos. San Andrés and La Aurora

JUÁREZ STATION

At the park of Revolución, it is distinguished by its 16 meter depth since Line 2 passes under Line 1 It is unique in that, because of this escalators for passengers were installed Its architecture is original the project of architect Fernando Gonzalez Gortazar The concept is to extend the park into the inside of the station through large skylights that flood the area with natural light for the palms and other plants that produce a warm and friendly environment

In the construction of the Juárez station many obstacles were overcome The first was naturally the depth combined with the dimensions requiring the extraction of large volumes of dirt Then the appearance of water at eight meters depth combined with pumice forming a sort of quicksand Therefore, the first task was to build a retaining wall dike To do this the column system was used with the modification of adding an extra middle column for greater resistance to the water The cementing was done with bentonite to avoid flooding, and plastic cements were used of a greater resistance and faster curing time

Soil mechanics studies indicated the existence of a pressure of 8 tons per square meter in the park area The lowering of the subsurface water was achieved by means of 30 deep-wells with which the work area was kept dry In the absence of water the pumice compacted allowing the use of heavy machinery The walls of the station received support beams that aided to resist the water pressure when pumping was suspended The walls of the lobby, unable to use beams due to the 16 meter span were reinforced to a thickness of one meter

With this the lateral pressure problem was solved, but then the pressure from below had to be dealt with It was clear that any structure left to its own devices would sooner or later float and crumble It was calculated that the weight of a concrete slab of 3 meters thickness on the station would be sufficient to counter the 8 tons per square meter of rising pressure This would require the excavation of 3 more meters to allow the insertion of the slab at which depth the pressure would be 11 tons per meter making the procedure more difficult and costly

The option taken based on the reasoning that if Juárez could be compared to a boat it could be anchored to avoid movement For the first time in our city, anchors were used fixing the station to the rocky layer 5 meters below The drills are 11 meters deep and enter 6 meters of rock Once each anchor was finished, a mixture of cement, water, sand and plastic additive was injected As a safety margin, the 380 anchors could take a tension of 95 to 110 tons per square meter each, even though they only have to bear 38 tons With this the boat of Juárez was perfectly anchored to its subterranean sea

The previous solution won for the construction company the 1993 prize from Cementos Guadalajara in the category of soil mechanics and concrete in public works

MAINTENANCE BASE

The maintenance base of the Urban Electric Train System is located at the extreme Southeast of Line 2, near the Tetlán station and is accessed by the Andrés Bello and Luis M Fregoso streets

The base occupies a surface of almost 11 hectares and its installations foresee the maintenance of the two present lines and those to be built in the medium term The base may have the capability to handle up to 150 trains that is three times more than actually needed In three sections with a total of 15,400 square meters the base houses major repair shops, service, training offices, control tower technical rooms, storehouse parking for trains, maneuvering space car parking garbage plant, and pumping rooms

In the control tower a local supervision point exists from which the circulation of trains within the base is handled For this, 25 remote switches are available and 5 5 kms of track Few urban maintenance bases in the world are as complete or well planned as this one This is due to having selected the adequate site and foreseeing future expansion Besides, the base has the most modern service equipment available, from the routine to major repairs and finally for dismantling and total overhaul The base can also handle repairs to the fixed installations of the system such as the electrical lines track, substations etc

Train repair includes services to wheels brakes chassis, doors, pantograph, electro mechanical and electronic installations paint, furnishings and interior finishes among others Two very costly pieces of equipment are available: a hydraulic press capable of disassembling the boogies with precise alignment and controlled pressure Wheel alignment lathes with numerical control permitting the four wheels of a boogie to be redone when worn all automatically

Installations include inspection pits train elevators travelling cranes painting rooms, boogie and signal cleaners Besides the garbage collection plant and the residual waste management from the shop allows the adequate treatment of industrial wastes

It can be said that the maintenance base whose cost is up to 10% of the total project value is a long range amortizable investment since it is designed to take 5 more lines of the electrical train as long as they are similar to the present ones

Regarding the area of Tetlán where the base is located it improved substantially with the new construction since the streets were paved lighting installed drainage improved and low spots filled With this the value of the area increased and everyday signs of development are apparent

As regards the land itself there were initial difficulties since through the center a stream flowed that drained 35 hectares of surrounding land To prevent flooding and allow drainage open air canals were dredged and a rain water collector of 1 22 meters diameter was built flowing into the nearby stream of Osorio It was also necessary to level and improve the characteristics of the soil

SUPPLEMENTARY WORKS

By this we understand all work that must be carried out as a result of the construction of line 2, even though it has no direct relationship with this. In this sense, a prime example are the syphons for the sewage mains, the by-passes in the aqueducts, the auxiliary drainage lines, drinking water telephones, electricity, public lighting and traffic lights

Before starting construction of Line 2, agreements were signed before the Governor coordinating SIAPA, CFE TELMEX, PEMEX City Hall and Line 2, with which the need for the modification of several service lines in the city was recognized The agreement committed the signatory parties to offer all the necessary help in the modification and later repair of their installations, and to not suspend services to the citizens except in cases of strict technical necessity

Especially concerning drainage the slope of the metropolitan zone makes water run from south to north, to the canyon of Oblatos, for which numerous mains follow the same direction and cross Line 2. To conceive the magnitude of the problem, Line 1 has a length of 15 5 km and crosses only two important mains, while Line 2 with only 8 5 km crosses 11 of them

To solve the problem of crossing mains only two options exist, or the main goes under the tunnel or above it. In all the underground trains of the world the general solution has been to send the mains under the tunnel since it is simpler and cheaper This is done by means of an inverted hydraulic syphon, which is no more than a section of the main in the shape of a "u" that is built under the tunnel In the case of Line 2, 11 syphons were built for sewer and rainwater and one for rainwater only These are found at the crossings of the tunnel with the following streets Calzada Independencia, (one for the river San Juan de Dios and another for the intermediate eastern main), Abascal y Souza, Manuel Doblado, Aquiles Serdán, Sebastián Allende Rivas Guillén, Guelatao Plutarco Elías Calles, Túnez Luis M Fregoso and María Reyes Their diameters go from 40 cm to 4 5 mts

In syphon design it is important to consider the behavior of volume flow available hydraulic loading level verify its hydraulic functioning, and adequately dimension the entry and exit boxes Additionally it is important that water velocity be sufficient to avoid solids to sediment, as well as to leave ventilation ducts at entry and exit

Regarding drinking water mains for the population, it was necessary to build 19 by-passes to divert the pressurized flow over the tunnel These are located at the crossing with the tunnel at the following streets Pavo, Ocampo, Degollado Mariano Jiménez, Belisario Dominguez Esteban Loera, Alvarez del Castillo, Damián Carmona Francisco Sarabia (3), Guelatao, Lagunitas, Demócrito San Francisco (2), Mercedes Celis, Gigantes and Andrés Bello Their diameters go from 6 to 36 inches

As for telephone and electrical lines, work was coordinated with the respective responsible agencies to foresee the need for duct and installation cuts by the use of detours, auxiliary lines or protective works without interruption of services to users

It must be noted that the drinking water lines and drainage lines that were under the Javier Mina-Juárez avenue in the longitudinal direction were substituted by two along either side of the street This had the additional benefit for the area of leaving two brand new lines with new valves along the whole avenue

URBANIZATION

As tunnel and station completion advanced, the streets were repaved In the case of the Juárez-Mina avenue the urban infrastructure was significantly improved since in the past it had mainly had asphalt which needed to be maintained yearly after the rainy season Hydraulic concrete pavement was laid turning the whole section into a uniform quality four-lane street capable of fluid traffic movement

In the specific case of the section between Federalismo and the calzada Independencia the merchants of the area proposed that in some way the avenue be given the appearance commensurate with the dignity which should be accorded the historical center of the city The proposal to use white and black paving block on the side lanes was made With this a more traditional and elegant appearance was achieved and at the same time made traffic run slower in the side lanes permitting the loading and unloading of passengers The crosswalks of the downtown were decorated with various geometrical figures that match the paving blocks colors contributing to the aesthetic effect

Hedges of similar plants were planted along all sidewalks to give a more friendly aspect to the streets and to channel foot traffic to the corners

As for the three downtown stations Juárez, Plaza Universidad and San Juan de Dios all three received special architectural treatment to dignify the traditional spaces of their location As is mentioned above, Juárez takes advantage of its park location to make the passenger feel the presence of the garden from the platform

Partially as compensation for the damage suffered and to better the Revolución park it was reforested and redone in the original design by architect Luis Barragán So, 264 new trees were planted new sod laid as well as a great number of plants A red polished concrete floor was laid and new efficient lighting fixtures were installed whose design was done by the brothers Luis and Juan José Barragán All the benches were rebuilt exactly as they used to be and the umbrella and musical stage rebuilt as designed in the 1930 s

Finally, a water cistern was built as well as a new pump room for the automatic sprinkler system and the fountains

As for the station at Plaza Universidad, it is located on the square by the same name and is surrounded by some of the oldest and most architecturally valuable buildings in Guadalajara Therefore it was decided that the option was to make the station entrances as discrete as possible From street level one can only see wrought iron hand rails that protect the entrance

The San Juan de Dios entrance is in front of the Libertad market The north access is a design by architect Alejandro Zohn, who also built the market and tries to make a harmonic whole whose center is the market Due to its size the cleaning of the installations and its characteristics, this station will be a sort of living example of the new image of an area known for some time for its deterioration

Taking advantage of the tunnel construction and of the syphons for the sewage mains undel calzada Indpendencia, a vehicle underpass was built to greatly lessen traffic jams at this point It was only necessary to re-route the tunnel track sufficiently to allow the underpass, through which at present 80% of the traffic on Javier Mina going west goes through The remaining 20% turns left of right on Independencia

As for Javier Mina, at present it has a first rate infrastructure with concrete base four lanes sodium vapor lamps along its whole length, subterranean wiring, computerized traffic signals, and access to Line 2 train parking This has increased the value of neighboring properties and the area of influence

The line drawn by Javier Mina was crooked, had interruptions and at times became a narrow graveled alley In order to give the tunnel continuity and its best efficiency, it was necessary to purchase some properties, which allowed for a uniform width to the avenue and greater straightness In this way a rapid access route was finally built to connect eastern Guadalajara with its city center where the commercial cultural and institutional life of the city continues

IMPACT OF THE PROJECT ON SOCIETY

A project of the magnitude of Line 2 cannot be ignored by the citizens especially when it goes through the middle of town and down a very important avenue Nevertheless it is possible to minimize the bother and reduce construction time through detailed planning Importantly one assumes never to interrupt all services at the same time or closing down al. crossing, but always offering the citizen alternate routes or supplies

This also supposes no further taxation on the citizen with long term added value taxes Even though it has been the custom in our city to bill the neighbors for projects carried out nearby them for they benefit from it in this case financing was carried out by other means Those who benefit will not pay for the Line 2 project, whose area of indirect influence is much greater

To build the section of tunnel of Javier Mina the operation was handled by working fronts whose mission was to carry out the excavation of no more than 3 blocks, pour the roofing concrete fill pave and open for traffic as quickly as possible This was very useful since the reopened street could be used as parking In the Juárez section where structural columns were used, the extraction of earth from the tunnel interior permitted an even faster reestablishment of traffic Intersections received special care to avoid traffic problems With the help of car and pedestrian bridges crossing was possible even when excavation was being done

As regards drinking water, the rule was to cut the feed lines on holidays and before doing so check that the houses were already hooked into alternate sources so that in most cases the users did not even realize when the switch had been made In a few cases where the supply had to be interrupted for considerable time this was foreseen and water tanker trucks were available in the area to supply those that requested the service In the specific case of three high pressure water lines that supply a large part of the city with 33% of the population in the metropolitan zone, first a section of the tunnel was filled with water to be used as a cistern from which the tankers could supply thousands of homes To avoid confusion the media was used to inform the population and when the time for service cuts came, flyers were delivered house to house so that household heads could use the provided phone numbers and ask for water delivery

For the delivery of propane gas this is done by truck that come to each house In order to reach these, as well as businesses among which were the food stalls at the Corona market a special propane truck was equipped with a double length hose that could park on side streets and still reach the standard or specially modified for the purpose hook-ups

Collection of garbage by the city was diminished due to closed streets and the increase in dust Extra crews and equipment were dedicated to this so that domestic garbage was never a problem As far as job clean up itself, an industrial security team was established that continually oversaw the work and surrounding areas to determine sanitation and accident prevention actions In this fashion construction waste was reported that could have become a hazard to the worker or citizen, as can be boards with nails, and twisted steel, or excavations without signals or railing, etc

In the case of the 176 houses affected necessarily to straighten the line of the tunnel or for stations, these were purchased at commercial rates for which owners were not affected more than reasonably

So that attention of citizen complaints would not affect the speed of the construction, a special section was created in the Line 2 staffing guide, responsible for public relations and attention, with the responsibility to rapidly resolve each and every one of the complaints brought by inhabitants of the affected area

In the particular case of the traditional underground businesses that were located at the intersection of Juárez with 16 Septiembre, the State Government negotiated a three way solution with them and the city so that a satisfactory indemnity was paid in combination with a move to a temporary spot by the church of Aranzazu and later in permanent fashion to the Plaza Guadalajara

The coordination for attention to the public also had as an important task the information of the public as to project advance It made several informative campaigns, organized visits to the site by students and conducted tours for various visiting national and foreign dignitaries related to or interested in the public transportation system

To avoid accidents due to detours and traffic restrictions in the streets, a joint commission was formed with the traffic department Work on the most congested areas was planned for between 11 at night and 6 in the morning In this fashion, the necessary detours were planned to not affect too large an area or heavy traffic in a simultaneous manner Efforts were never spared to put clear signs in a sufficiently visible and lit fashion

TRACKS

For track infrastructure it was decided to use the same components as those for Line 1 which guaranteed complete compatibility among lines A totally elastic track was built This elasticity insures smoothness of train rolling, greater comfort to the user, and longer lasting rolling stock To achieve this double elasticity, the track rests on ties with a neoprene rubber plate, which is a very resistant plastic material Both are united by staples that function as shocks depending on the load The structure formed by the rail and tie is supported by a gravel bed, that distributes the loads and buffers the transmission of vibration

As the sections of tunnel were completed, track materials were introduced, such as gravel ties and rail These were stored on one side while the other side served as access Later the materials were distributed on each side of the tunnel the ties of 270 kilograms each were placed 72 cms apart Next the rail was laid and the track pre-assembled This consisted in the fixation of the rails to the ties without welding, alignment or leveling The rails were imported from Sydney Canada and are 12 meters in length with a weight of 115 lbs per yard or 52 kgs per meter Then the rails were welded one to another by electrical fusion This was done with a special Holland welder used for the first time in Guadalajara It slides on the rails on a truck adapted to the purpose On the previously sanded joints the machine unites the rails with 8 tons of pressure and emits a 4 000 amp

discharge with which the joint reaches the rail fusion temperature which is 1 200 degrees centigrade The rails then are fused to each other more than welded and form one single 9 6 kilometer unit Once the welding cools it is ground until perfectly smooth

For quality control the welds are checked especially the surface which comes into contact with the wheels It is important for the rail not to lose its mushroom shape in its transverse section cut, and should not have any curvature

Finally the permanent placement of the rails is done For the leveling and alignment a Tamper Mark I machine is used which section by section measures with an infrared beam the position of each section of rail Once the needed height adjustments are detected, mechanical arms raise the structure of ties and rail over the gravel bed to the desired height within a tolerance of millimeters Later a final topping of gravel can be added for greater solidity It is estimated that the next adjustment will have to be done in approximately ten years

To conceptualize the magnitude of the project we see that 4,040 rails of twelve meter length were used with a total weight of 2,742 tons, 34,400 concrete ties were set and 42 500 cubic meters of gravel laid 3,950 joints were welded 2 000 wooden ties placed on secondary track and 1,750 African oak ties were installed under the 50 German switches, 137,600 track staples and finally 68 800 neoprene plates were inserted

The selection of materials was important in that it supposed a strict quality control to achieve the desired service life, tolerate the speed of the loaded train not contribute to premature wear of rolling stock and be capable of bearing much greater loads when the use levels require it

The concrete ties of German patent type B-58, are the same that Ferrocarriles Nacionales uses so that much experience in their use and installation exists Even so, their production in-plant was supervised by the manufacturer and contractor to insure job delivery within specifications

As for the gravel, it was difficult to find an adequate supplier since nearby quarries are restricted Therefore a supplier capable of delivering specifications regarding dust and diameter was searched for Finally technical support had to be provided to the quarries so that they could fulfill deliveries within specifications and time limits

ELECTRICAL SYSTEM

CATENARY

The 750 volts D C consumed by the trains in movement is supplied by copper cables in contact with the rooftop contactor (pantograph) on the train The cable and support configuration receives the name of catenary, probably due to the curve formed by the cables between its support points It is composed of several supports, mainly held to the tunnel roof They run through a channel that permits their easy installation and horizontal adjustment required by the zig-zag of the contact cable, which is vital so that wear of the pantograph carbon contact points is uniform

Each support has adjusters and vertical shock absorbers for leveling and to lessen the pressures transmitted by the train contactor Likewise, the bars that hold the cable are of an insulating material and each support fixed to the channel is connected for security, to a grounding system that is found on each side of the tunnel In places where curves exist, special supports are used that permit adjustments according to the geometry of the track

The catenary system has copper feeder cables fixed with ceramic insulators to the central roof of the tunnel The capability exists to receive cables in the future for reinforcement when the traffic load, and consequently the electrical demand, increases

The copper contact cables are tensed, by sections, by a system of pulleys and counterweights that maintain a constant tension, regardless of temperature variations

For the mounting of the catenary, novel solutions were employed as in the extreme points of maneuver and track hookup, especially in the western tunnel next to the Juárez station The height of the roof there is 16 meters since it has to pass under line 1 and maintain the same depth in the maneuvering and parking area Likewise, at the maintenance base a support system of posts and cross beams was used, distributed over the more than five kilometers of existing track

Catenary and track are two closely linked elements, since one is developed and built in parallel to the other, and in fact the assembly technique depends on the earlier completion of the track, from which all physical points are referenced for the final alignment and leveling

ELECTRICAL SUPPLY

The whole electrical system is constructed with the philosophy of redundance that is to say, if one circuit fails, another reserve circuit always exists to substitute it and insure continuity of service

From a 69 000 volt substation of the CFE located 500 meters from the Cristóbal de Oñate station the system receives electrical energy via its own substation The voltage is lowered to 23 000 volts that are distributed along Line 2 in turn feeding six substations for train traction and 11 substations for station and passenger services the tunnel and the maintenance base In these substations the energy is transformed to 750 volts D C and 127-220 volts A C respectively Each one has its distribution cells, transformers and low voltage instrumentation panels Through a system of data transmission integrated into the telecommunications system, information is sent to the main control point at the Juárez station from where the switches of each substation can be controlled, as well as the connectors of the catenary in the case that any traction substation be out of service

Each passenger station as well as the maintenance base, have an emergency power generator to provide emergency lighting, cistern pumping, signals and communications

There are two electrical substations at the maintenance base, one for feeding the catenary and the other for shops warehouse technical rooms control tower offices and external areas Energy is provided in voltages of 127 220 and 440 according to the needs of the varying equipment

The feeder system also energizes the substations of Line 1 at its underground section making both lines safer

SYSTEM SIGNALING AND TRAFFIC CONTROL

The signals system and traffic control function basically to regulate and supervise train movements It coordinates all the interactive train operations among trains and the signaling devices fixed to the track

From a post at the command central (PCC) located at Juárez station it is possible to know the location of the trains, as well as the position of the switches and the status of signals used for protection and traffic regulation On one console you can visualize and control normal operation by electronic signals or manually in the case of an emergency The system reacts to variations in the number of connected trains during peak or lull periods, in circumstances of subsystem failure of the line or of rolling stock, or if the maintenance requirements make it necessary during public service times

The track switches are activated by electrical motors that are remote controlled from the PCC in coordination with the local control points (PCL) located at Tetlán and Oblatos stations. The PCC supervises if the movement was totally executed or if the lock activated; if not, it immediately signals the nearest station, from where a technician is sent to manually operate the switch

In short, the signaling and control system functions through interaction of train passage with track installed sensors that sense and verify, with great reliability and precision, the passage of trains along the length of the line Signals are then generated that are transmitted to the PCC to check the position and frequency between train passages and so maintain normal safety distances It includes the following elements:

1 Actuation and verification of track switch needle positions
2 Track circuits (verification of train location)
3 Wheel sensors (train passage and speed detection)
4 Signal lights and tunnel signals (indicators to conductor to continue or not)
5 Magnetic train brake (interactive with other train brake located under the train to activate emergency brake)

The PLC's are located at Juárez, Oblatos Tetlán and the maintenance base The three first are under the coordination of the central control post and have the same control functions of the PCC, but limited to only one section of the line That is to say

1 Through track circuits installed every 600 meters, one can know if the track is occupied by a train. With this one can coordinate the signal lights and give the green one to the train approaching if the track section ahead is clear

2 It stops movement of a switch if the train has not come to a complete halt

3 If a train passes a supervision point at excessive speed or runs a red light, the magnetic brake is activated as well as the trains emergency brakes

Each PLC has a control console by which one may partially control his section of track in case of a malfunction A technician can go there and operate it without difficulty even though normally no one will man this PLC

The control post at the maintenance base watches train traffic through its command console From there it frees routes and controls the 25 switches, according to the maintenance schedules This position does not coordinate with the Juárez PCC but does maintain communication All local control points and the PCC have uninterrupted energy supply since they have battery backup and are able to detect with rail radio frequency equipment any failure or vandalism on the track, avoiding crashes or derailments Likewise, they supervise the continuous conductivity of the bulb filaments in the signal lights to replace them in a timely fashion

COMMUNICATIONS AND REMOTE CONTROL SYSTEM

OTN TRANSMISSION NET FOR SIGNALS AND DATA

The communication system is based on a net for the transmission of phone and data transmission named OTN (Open Transport Network). The system is formed by a double ring of counter rotational optical fibers. This means that the light travels in opposite directions within the ring bringing redundancy by having two directions of signal and data transmission.

The fiber optical rings connect nodes or local interphases at each passenger station and at the maintenance base. This allows, in the case of failure for maintenance of transmissions with ease since within the nodes other routes are selected while the fault is repaired.

The net has its control center (NCC) located in the Juárez station, from which one can access any node and determine the net maintenance through fault diagnostics. This central is connected to the node at the Juárez station. Its basic equipment is a computer with the following functions:

- Net data base control maintaining the information of nodes, interphase cards and user connections
- Assignment of band widths available (bits)
- Node and interphase direction assignment
- Activation and deactivation of user cards
- Alarm messages with graphic representation of the location on the screen and disc or printout

OTN NET APPLICATIONS

In general the OTN system is capable of satisfying almost all requirements for voice and data transmission so that all communications within the line, stations and maintenance are channeled to this net. The characteristics of the interphase channels are determined by removable cards and programming at the control center (NCC). Data is stored in the node memory to guarantee start up sequence continuity in the net in case of failure.

The system will be easy to increase in the future through additional cards in the system nodes.

The OTN net integrates and transmits signals and data from the system that is as follows:

- Phone system (PABX). This permits voice communication the length of Line 2 using fiber optic cable. At the same time a net of telecommunications cable is used for the connection of installed phones. In the stations and maintenance base a phone central exists (PABX) that switches the external trunk lines of Telefonos de Mexico through the net, interphasing with an OTN node to selectively distribute the signal in the configured telephone installation.

The interphase with the analog phone system is made via an analog card connection for voice in the OTN net.

The transmission in interphases with digital phone systems, hot lines, located in the PCC, station chief offices and maintenance base is achieved with a digital voice card at the OTN node.

- Remote command system SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition). It connects to the net with the terminal connection of remote command known as Sinaut consisting in a computer that permits the entrance of data and signals from alarm status and electrical systems by text and luminous diodes. These units are in the traction substations, in the main substation of 69 to 23 kv and in each passenger station. The SCADA system is used for the monitoring of the power sources and alarm signals y passenger stations. These alarms are:
- Alarm in case of fire fighting system failure. For each passenger station, as well as for the 69 and 23 kv, a fire alarm system exists made up by a central alarm, detectors and alarm emitters (automatic or manual) conveniently distributed as well as the equipment for acoustically and visually signaling for fire. The detectors are for smoke and ionization and are located at entry areas and service points.
- Alarm signals for electrical switch failures
- Radio system failure alarm
- General alarm
- Central speaker alarm in each station
- Signaling system alarm

The SCADA system maintains a global vision of the remote control installations and registers in a timely fashion all failures before they impact upon services. As refers to the electrical system, through a system named Simatic, that is a programmable control for universal applications warnings are sent and received and orders are transmitted from the control central to open or close electrical switches not only in the main station but also in the 69-23kv as well as in the traction substations. In the substations for passengers it is possible to open the main switches and check for false connections or damaged fuses.

The transmission of commands and signal telegrams is done by transmission equipment of audio frequency installed in the Juárez station and in the substations permitting the multiple use of the telecommunication cables.

The remote commands reach the substations from the maintenance base using similar devices.

As part of the SCADA system there is a computer in the Juárez PCC that carries out and automatic register of events.

- The speaker system of each passenger station and at the maintenance base is integrated into the OTN net via interphase cards to the Sinaut unit and this in turn connects to the OTN node. With this configuration signals of voice could be sent from the central control post at Juárez to the passenger stations or to the maintenance base, in general or selective fashion.

The system is made up of central units with amplifiers in each station as well as a microphone for the station chief, cable networks and speakers. The paging volume is automatically varied according to existing ambient noise levels so that sound is always adequate.

Clock system in stations and maintenance. This is made up by a master clock installed at the maintenance base for reception of time signals from North Dakota, U.S.A.

Each station has its central and clocks attached to the ceiling with double faces and illuminated.

The transmissions of impulses from the master clock to the station ones is made through fiber optical cable interphasing with the OTN system.

The radio system is configured in the tunnel by conventional omnidirectional antennas and coaxial cables installed the whole length of the line. It permits communication among trains and stations, linking the base systems located in stations. The interconnection between the base points and the central control post in the Juárez station and the maintenance base is made through a fiber optic cable in interphase with the OTN nodes. The system has communication channels in semiduplex nodes, available in uhf or vhf, the operation initially counting with 5 channels for maintenance, line 1, line 2, emergency maintenance, and two channels for reserve.

Three control and command units are available: two at Juárez for the train line and the maintenance area and the third at the maintenance base. Likewise five fixed radio posts are available as well as mobile units installed on the trains and the hand helds for operation and maintenance staff.

The system is complemented with recording equipment that will keep a record of all communications between trains, stations, etc.

ROLLING STOCK

The selection of rolling stock for the line 2 was influenced by the need for compatibility with the line 1. This in relation to operations first of all. The trains acquired six years ago as well as the new ones must be able to use the tracks of lines 1 and 2, and must be serviceable at the same shops. Even though several suppliers exist for light subway equipment the selection made for line 1 was correct since the equipment has demonstrated great durability and efficiency.

Because of this then, it was decided to buy similar ones to line 1, even more so with the improvements that time and technology bring. Thirty two trains were bought: 28 for use on line 2, and four for line 1. Their construction was assigned to Bombardier Concarril who have ample experience in the construction of railway cars and wagons for the Mexico City subway.

CHARACTERISTICS

The trains are made with 2 connected boxes via an articulated boogie trailer that permits free access between boxes and overall, a large turning radius. At each end of the train a conductors cabin is found and under the cab, a motor mounted on a traction boogie. The boogies are rolling structures upon which the vehicle rests, being formed by 2 axles and 4 steel wheels.

The metal floor of the vehicle interior is isolated from the passengers by a treated wooden frame that itself is protected by a rubber mat. This provides total insulation for the passengers, besides dampening vibration.

The trains measure approximately 30 meters in length, 2.6 mts wide, 3.37 high. With the pantograph in operation, the train height is 4.3 mts. The 6 six doors open 1.3 mts and the boogies have a distance between axles of 10.3 mts. The diameter of new steel wheels is 74 cm, and may wear to 66 cm. Track width should be 1.435 m.

The trains can take slopes up to 6% and empty weigh 40 tons. They contain 50

seats and may carry 300 passengers even though if need be may carry up to 360 without detriment to the service They contain 3 electrical circuits one of 750 volts for motor traction one of variable tension and frequency (A C) for the operation of compressed air and ventilation and one of 24 volts D C for lighting and control systems This current is transformed from 750 direct current supplied via the catenary

The metallic wheels conta n an elastic material that reduces vibration and noise To reduce wheel wear lubricators exist that at regular intervals deposit drops of a special oil to lubricate the wheel rail contact point An additional anti wear system exists which is an anti skid dev ce that does not allow deforming stress producing skidding

TRACTION

The trains maximum operation speed is 80 km/h (49 7 miles/h), and their commercial speed is 35 Km (21 74 m .es)/h thanks to the traction provided by their motors of 268 Kw The acceleration and speed reduction of a 75% loaded train is the square root of 1 meter per second The emergency speed reduction is the square root of 1.8 meters per second

SUSPENSION

The vehicles suspension is of two kinds primary and secondary The first one is by means of chevrons, that are elastic elements housed on the roller The second one is by means of automatic inflatable air bags A series of sensors supervise the train's load and determine the suspension air bags inflation The pneumatic suspension is very gentle, hence it gives the passenger a very comfortable service and a greater equipment durab lity Another function of the pneumatic suspension is to always maintain the box at the same height regardless the load This is important since otherwise the train cou.d arrive at a station with a height different to the one of the platform and cause accidents or annoyance to the passengers

BRAKES

The applicat on of brakes is cr tical in the case of every train Since the train can't avoid obstacles, its principal security measure is the braking system. Therefore the Line 2 trains have three independent brake systems The first one is the electric braking, which is the one normally used, and has the advantage of saving energy It operates in two ways (1) when the operator begins the braking action, the motors are inverted, becoming electricity generators When generating energy they put a mechanical resistance on the wheels hence the train brakes The energy generated during the braking is sent to the catenary through the pantograph If, as usual, there is a second train at the next station pulling out t will use, to gain speed, the energy generated by the train coming behind using its electric brakes If it didn't happen, and there isn't a train to utilize this energy (2) it is sent by the generating train to special heat dissipating units The electric braking system can reduce a train's speed from 80 Km/h to 8 Km/h, loaded up to 75 % of its capacity

The pneumatic braking, by means of disks at each axle, works jointly with the electric brakes, if the load is too much to alone completely stop the train The load sensors transmit nformation to the braking system, and it determines if the pneumatic braking should start acting and depending on the train's inertia, with what strength level An electric braking system supervision indicates to the pneumatic system to start operating .f the electric one fails or is insufficient

The electromagnetic brakes are a third braking system that guarantees the train's security In the case of emergency braking, electromagnets located over the rail send a signal to the electromagnetic braking system to make steel skates descend over the rail and get attach to it by magnetism stopping the train This will happen if the operator ignores a red light signal or exceeds the speed limit The complete process is coordinated by the Line s signaling system

SECURITY

The train s traction and braking is operated by means of a command lever This lever has a button named the "dead man" lever to prevent the possibility of an out-of-control train should the operator suddenly have a health problem The operator has to press this button in order for the train to move But he should also let it go every 60 seconds for a maximum of 3 seconds and then action it again Should he not, the train will brake automatically

The train cannot move with its doors open The vehicle comes equipped with emergency alarms at the passenger's disposal If any of them is activated and the train hasn't reached 12 km/h it will automatically brake. If it is moving faster than 12 Km/h the operator is warned of the emergency but he has to decide decide whether to brake or to continue until the next station

The reason is that t s easier and more effective to solve an emergency in the station that in the tunnel

The train has emergency lighting that works if an electrical shortage occurs

COUPLING BETWEEN TRAINS

Through the coupling system that joins the trains to function as a single unit, compressed air is also conducted among the compressors, should one of them fail In that case, with the other compressors at work the train would be able to brake perfectly

TECHNOLOGY

The Electric Train System vehicles are technologically integrated by means of the best available components in the world market To a basic traction technology of Siemens (Germany), a Knorr Bremse (Germany) braking system has been integrated, boggies designed by Duwag (Germany) and constructed by Bombardier (Canada) in Mexico The original design belongs to Duwag, also The assembly, structure, finishing, lining and equipment are Mexican Compared with Line 1 rolling stock, substantial technological improvements have been made. The engines are faster, simpler, more powerful and long lasting. The converters are no longer cooled with freon gas, since it is anti-ecological, but by forced air The manipulator (command lever) now has the supervised dead man button The control systems have been improved (failure signaling, route indicator, digital speedometer). The trains have a black box, or events recorder with a ample information gathering capacity, that allows for detection of human or equipment failures The sliding doors are more quiet and simple More banisters have been installed for the passengers' comfort Wheel lash lubricators have been integrated. Improved connection clamps reduce electric failures

All told, the Line 2 system is, as we saw, the sum total of several subsystems, among them the electrical, electromechanical, telecommunications and rolling stock ones. Its main feature is to be an urban massive transport option whose trademarks are efficiency, speed and functionality Line 2 includes the last technological advances available, as well as long proven equipment, combined in one solution resistant to prolonged wear and the increase in Guadalajara s needs

TOWARDS THE FUTURE

Nature operates in an evolutionary way that is by small improvements that in millions of years become important adaptations In the social realm mankind has followed the same pattern Since the first man walked on earth we have been unable to solve all problems at once When we respond to an environmental stimulus in one way or another we are trying to adapt our surroundings to the changing needs of the moment

Since the mid 20th century urban transport has progressively turned into a worsening situation for many cities in the world The solutions implemented nevertheless are not very different Wider streets for more traffic capacity and faster vehicles, are the two basic principles that have been followed in the search for alternatives to congested traffic

The former could be considered the American option as the widespread cities in the United States show crisscrossed by elevated or underground freeways Its disadvantage is the privilege accorded to the growing number of cars and to the uncontrolled urban area

The latter corresponds to the European model as evidenced by the excellent urban and suburban railroad systems that service the Old World cities Its principal hindrance rests on the major initial investment required

In the forties and sixties Guadalajara probably followed more easily along the great freeways model since it was expected that ideally each family some time or other would come to own at least one car The State's mission at that time, was limited to ensure the free and fluid vehicle traffic It was the time when many important avenues were opened Then by the mid seventies a variety of events provoked the revision of many concepts The first oil shock cast black clouds over the possibility of a constantly growing oil consumption During the eighties environmental pollution sounded a real alarm for the planet The final blow came when it was evident that wide avenues create their own demand hence soon they also become saturated

Nowadays urban planners agree that mass transport is a better option than a private one to solve the transportation problem And as pertains to collective transport the electric one is also considered preferable to the oil fired since its use prevents smoke discharges in urban areas

In Guadalajara's particular case the collective transportation problem has been dealt with buses Up to now it has meant a relatively economic and easy way to implement a solution But Guadalajara isn't a small city any more Over 600 thousand vehicles compete for our streets and passenger demand for transportation service grows every day It is evident then that we can no longer resort to the solutions used in the past and if we were to do it we would be condemning our city to an ecological and traffic suicide

As in the world's large cities, the creation of an efficient smokeless massive transportation system becomes necessary a system able to cover the principal origin and destination points Much has been thought and argued on this for the last twenty years The Council is a planning instrument that based on empirical evidence, points to the principal actions that should be undertaken in the short medium and long terms

URBAN ELECTRIC TRANSPORTATION STRATEGIC PLAN 1993-2025

Out of the nearly four million inhabitants that use transportation in Guadalajara, 68% of them move in the 181 public service routes, with a total of five million trips a day It is estimated that our large city will have 4 8 million inhabitants by the year 2000 six million by the year 2010 and 7 6 million by the year 2025 Such increase up to 91% in 30 years presents a substantial public transport demand

The better to know along which axis vehicles move across the city as a preliminary step towards an ample solution project vehicle frequency measurement studies were conducted at over 100 strategic points in the city With this, sixteen principal corridors were identified defined by the passenger volume that travels along them The principal ones with major origin and destination flows, are as follows

- Northwest-center-southwest
- Northeast-center-southeast
- East-center-south

The same study determined that the traffic lanes, such as Periférico, Patria, División del Norte-Oblatos-Plutarco Elías Calles, Niños Héroes (Tlaquepaque) Américas and López Mateos function as distribution and supply lanes

With the aforementioned research as foundation, a series of conclusions were reached regarding the great lines of action that will have to be put into practice in order to reach the year 2025 with an adequate transport system The most important ones are to satisfy today's and future demand, to convert the public transport vehicle park from fossil energy to electric energy, to encourage private vehicle users to prefer public transport, to rationalize the use of the primary arteries and to improve the operation of the present ones, as well as of the future ones

All of them lead towards a prime objective the creation of a basic Urban Electric Train Network and a complementary trolley bus network to feed it, relieve and distribute its traffic The general goal within the planning horizon is to reach a network of seven Electric Train lines with a length of 128 Km that would service three million inhabitants, and a trolley bus network to service one million one hundred inhabitants In the year 2025 this will be equal to service by means of the electric transport some 66% of the population, a number without precedent

The proposed 7 Electric Train lines for the future would be as follows

Line 1 Federalismo-Colon avenues, from Perifeérico Sur to Arroyo Hondo, with a length of 17 5 Km (10 87 Mi)

Line 2 Mina-Juárez-Vallarta avenues, from Periférico oriente (East Periférico) to Periférico poniente (West Periférico) with a length of 26 Km (16 15 Mi)

Line 3 Laureles-Avila Camacho-Federalismo-Alemania 8 de Julio avenues, from Northwest Periférico to Southeast Periférico, with a length of 17 1 Km (10 62 Mi)

Line 4 Belisario Domínguez-Del Ejército-González Gallo Solidaridad avenues, from Northeast Periférico to Southeast Periférico, with a length of 14 7 Km (9 13 Mi)

Line 5 Del Obrero-Circunvalación Oblatos Normalistas-Alcalde 16 de Septiembre-Gobernador Curiel avenues From Northeast Periférico to Southeast Periférico, with a length of 19 5 Km (12 11 Mi)

Line 6 Río Nilo-Revolución-Olímpica-González Gallo-Héroes Ferrocarrileros-Agustín Yañez-Mariano Otero avenues, from Tonalá to Southwest Periférico, with a length of 22 Km (13 67 Mi)

Line 7 Revolución Avenue, from Southeast Periférico to 16 de Septiembre avenue, with a length of 11 Km (6 8 Mi)

A collective transport network as the one described above is a very complex structure is very costly and represents a great technical challenge But at the same time it means a great relief for the urban growth tensions of our Guadalajara It would save countless man hours, better used at work, with the family and in leisure time It would mean a more clean air, a less frantic environment and, finally, would mean great savings from an overall health cost point of view It would mean less pressure towards the change in the use of the land, for green areas and antique buildings areas are being transformed into parking lots and paved streets It would favor better citizen and neighborhood relationships, and would allow for a more harmonic development of the individual

The project is not simple, although not impossible in the mid and long term But if it is to be attained, the present generations must start taking the first steps, and the future generations should continue with the effort It is well worth it

SISTEMA DEL TREN ELECTRICO URBANO

Ing David Llerena Villalpando
Director General

Lic Fernando Omar Orozco González
Contralor Interno

C P José Luis Leaños Cueva
Director de Administración

Ing Arturo Herrera Ramírez
Director de Operación

Ing Guillermo Hernández Sánchez
Director de Conserv a la Infraestructura

Ing José M Romo Pérez
Director de Material Rodante e Ingeniería

SISTEMA DE LA LINEA 2 DEL TREN ELECTRICO URBANO

Ing Andrés Cortés Landázzury
Director General

Arq Carlos Ruiz Palomino
Asesor del Director General

Ing Juan Andrés Gay González
Director de Ingeniería

Ing Héctor Gómez Reynoso
Director de Tunel y Obras Hidráulicas

Arq Mario Cordova España
Director de Obra Estacionaria y Electromecánica

Ing Luis A Larios Barragán
Director de Material Rodante

Lic Mario Humberto Torres Elizondo
Director de Finanzas

C P Alfredo Maxemin Burr
Subdirector de Contabilidad

Ing Miguel A Pacheco Godínez
Coordinador de Control de Inversión

L A E Román G Flores Carrasco
Coordinador de Administración Interna

Ing Jesus Villanueva López
Coordinador de Seguridad Industrial y
Superintendente de la Base de Mantenimiento

Ing. Blanca Esthela Cervantes Martínez
Coordinación de Atención al Público

Ing. Jorge A. Dueñas Peña
Subdirector de Obras de Urbanización

Ing. Francisco J. Díaz Guzmán
Subdirector de Obras Hidráulicas

Ing. Agapito Jáuregui Ramírez
Subdirector de Tunel

Ing. Miguel Duarte Lora
Subdirector de Vía

Arq. Elías A. Merlín Aragón
Subdirector de Obra Estacionaria

Ing. Arturo J. Lozoya Assad
Subdirector de Obra Electromecánica

Ing. Francisco J. Tejeda Martínez
Subdirector de Producción y Control de Calidad

Residentes de Tunel y Obras Hidráulicas
Ing. Efrén Angel de León
Ing. Héctor Gómez Villanueva

Residentes de Obra Estacionaria
Arq. J. Ezequiel Díaz de León González
Arq. Alejandro Rodríguez Sandoval

Residentes de Obra Electromecánica
Ing. Antonio Ochoa Castro
Ing. Gabriel Luna Lazcano
Ing. Ramón Lara Zárate
Ing. Javier Martínez Torres
Ing. Joel González Flores
Ing. Jorge A. Vallín Sánchez

Residente de Material Rodante
Ing. Ramón González Avila

Supervisor de Embarques y Movimientos
Ing. Rodolfo Ruvalcaba Ortiz

Jefe de Control de Proyecto
Arq. A. Javier Cabrera Beltrán

Jefa de Analisis Técnico del Proyecto
Ing. Mónica Solís Zamarroni

Analista de Presupuesto
Ing. J. Antonio Magdaleno Velasco



EDIFICACIONES TLALOC, S.A. DE C.V.

fundado en 1965

EDIFICACION URBANIZACION Y CAMINOS

PROYECTO Y CONSTRUCCION DE INFRAESTRUCTURA
PARA SISTEMAS DE TRANSPORTE MASIVO

Infraestructura vial

Colectores redes de drenajes y pluviales

Fraccionamientos habitacionales

Desarrollos hospitalarios

Desarrollos aeroportuarios

Instalaciones industriales

Centros educativos

Centros comerciales

PLAZA TAPATIA No 35 MEZZANINE
SECTOR LIBERTAD C P 44360
GUADALAJARA JALISCO
TEL 618 89 90 618 89 91 Y 618 89 92

AV LA PAZ No 2295
SECTOR JUAREZ C P 44160
GUADALAJARA, JALISCO
TEL 615 83 30 Y 615 82 32

SUBCONTRATISTAS Y PROVEEDORES DE EDIFICACIONES TLÁLOC PARA LA LINEA 2 DEL TREN LIGERO DE GUADALAJARA

	ACEROS COREY	Calz Lázaro Cárdenas No 2315-5 Col Valle del Alamo C P 44000 Guadalajara Jal Tels 612 54 13 y 610 44 44	Perfiles estructurales para la construcción
	CONCRETOS GUADALAJARA	Av Central No 289 Cd Granja Zapopan Jalisco Tel 627 10 24	Concreto premezclado
	COPRESA	Calz Gobernador Curiel No.2498 C P 44940 Guadalajara Jalisco Tels 612 13 09 y 612 14 13	Concreto premezclado
	GOVE S A	Las Vegas No 501 Col Alamo Industrial Tlaquepaque Jalisco Tels 670 80 15 y 670 82 71	Alta tecnología en prefabricados de concreto
	TISA	Rio Tiber No 78 C P 06500 México D F Tel 533 04 45	Durmientes monolíticos de concreto
	MARMOLES POBLANOS	Rancho la Calera s/n Puebla, Puebla Tel 35 56 22	Recubrimientos de mármol para la construcción
	MITLA	Jesus García No 2447 505 C P 44600 Guadalajara Jalisco Tels 642 82 96 y 642 82 46	Diseño y ejecución de instalaciones eléctricas en alta y baja tensión
	NAPRESA	Av Lázaro Cárdenas No 4135 Col Jardines de San Ignacio Zapopan Jalisco Tels 122 74 82 y 122 74 83	Piezas precoladas
	TRAZA	La Giralda No 122 Loma Bonita Zapopan Jalisco Tel 634 29 48	Urbanización y caminos
	TRENA	Jesus García No 2447-505 C P 44600 Guadalajara, Jalisco Tels 642 82 96 y 642 82 46	Vías e instalaciones fijas de ferrocarril



Siemens AG *Alemania* y Siemens S A de C V *México*
División Sistemas Integrales de Transporte
Departamentos VT 42 *Alemania* EA T *México*

COORDINACIÓN TÉCNICA Y DESARROLLO
SUMINISTRO MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA DE

Sistemas de Seguridad y Señalización
Sistemas de Control
Sistemas de Catenaria
Sistemas de Electrificación y Energía
Equipamiento de Taller y Vías
Sistemas de Telecomunicación
Sistemas de Transporte (Material Rodante)

SIEMENS AG
Dept VT 4
Postfach 3240
91050 Erlangen Alemania

SIEMENS S A DE C V
Dept EA T Poniente 116 No 590
Col Ind Vallejo
02300 México D F

SUBCONTRATISTAS Y PROVEEDORES DE SIEMENS AG PARA LA LÍNEA 2 DEL TREN LIGERO DE GUADALAJARA

LRTC	LRTC	Hansallee 1 40549 Dusseldorf Alemania	Consultoria y Coordinacion Tecnica
	DuewaG	Postfach 102153 40231 Düsseldorf Alemania	Desarrollo y Tecnologia de Material Rodante
FERROSTAAL	Ferrostal	Postfach 101265 45128 Essen Alemania	Representación Comercial
K	Knorr	Postfach 401060 80710 München Alemania	Sistemas de Freno
THYSSEN	BSI	Postfach 102020 45476 Mulheim a d Ruhr Alemania	Sistemas de Mancuernas
HOESCH	HOESCH	Borsigstr 22 44145 Dortmund Alemania	Prensa y Torno Rodero
	Neuero Technology	Bismarckstr 4-8 493324 Melle Alemania	Sistemas de Elevación
	Schreck Mieves	Kruckenweg 113 44225 Dortmund	Sistema de Vias de Transporte y Cambiavias
r	Railquip	3731 Northeast Road Suite 6 Atlanta Georgia 30340 USA	Equipos Ferroviarios Industriales
	Hermann Rappl	Standenweg 19 90541 Numberg Alemania	Maquinaria y Equipamiento de Talleres
ZWEIWEG	Zweiweg Schneider	Salinstr 1 83022 Rosenheim	Vehiculos Biviales



BOMBARDIER INC.

CAMPOS DE ACTIVIDAD

- *Equipo de transporte*
- *Aeroespacial y defensa*
- *Productos motorizados de consumidor*
- *Servicios financieros y de bienes raíces*

INGRESOS ANUALES (1992-93) $4 4 BILLONES DE DÓLARES

90% de las ventas son hechas fuera de Canadá

NÚMERO DE EMPLEADOS 36,500

GRUPO DE EQUIPO DE TRANSPORTE AMERICA DEL NORTE

INSTALACIONES CANADIENSES:

- OFICINA MATRIZ ST BRUNO (MONTREAL)
- PLANTAS DE PRODUCCION DE VEHICULOS
  - LA POCATIERE QUEBEC
  - KINGSTON ONTARIO
  - THUNDER BAY ONTARIO
- DIVISION DE SISTEMAS UTDC
  - KINGSTON, ONTARIO

INSTALACIONES EN ESTADOS UNIDOS:

- PLANTAS
  - BARRE VERMONT (PRODUCCION DE VEHICULOS)
  - AUBURN NEW YORK

    (AUBURN TECHNOLOGY INC / BLOCK DE MOTORES)

INSTALACIONES EN MEXICO:

- PLANTA DE CIUDAD SAHAGUN

  (BOMBARDIER CONCARRIL/PRODUCCION DE VEHICULOS)

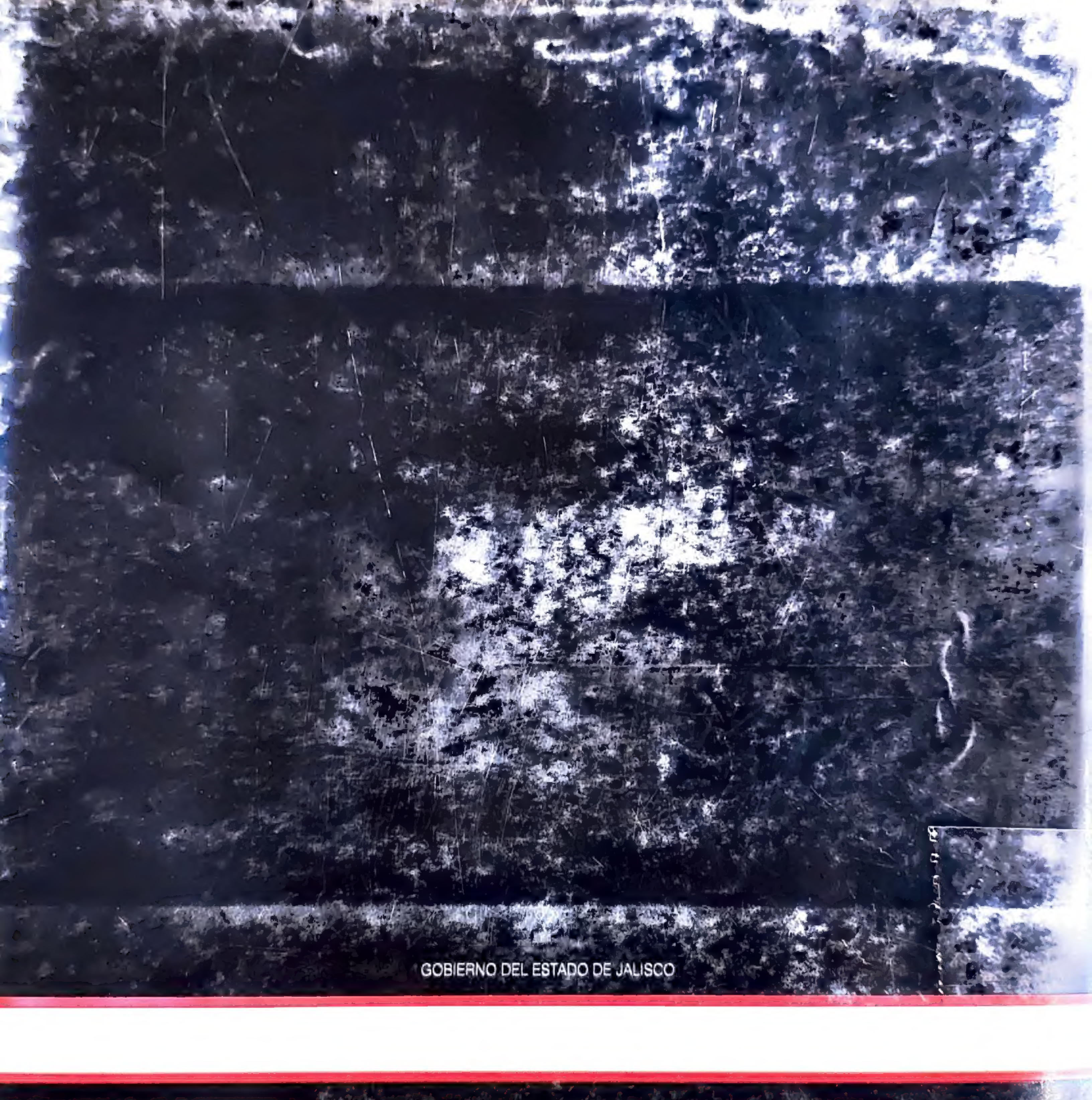
BOMBARDIER EURORAIL

- OFICINA MATRIZ BRUSELAS (BELGICA)

La presente edición
de 1.000 ejemplares
se terminó de imprimir
en los talleres de Op Gráficas Ltda.
en el mes de agosto de 1994






GOBIERNO DEL ESTADO DE JALISCO